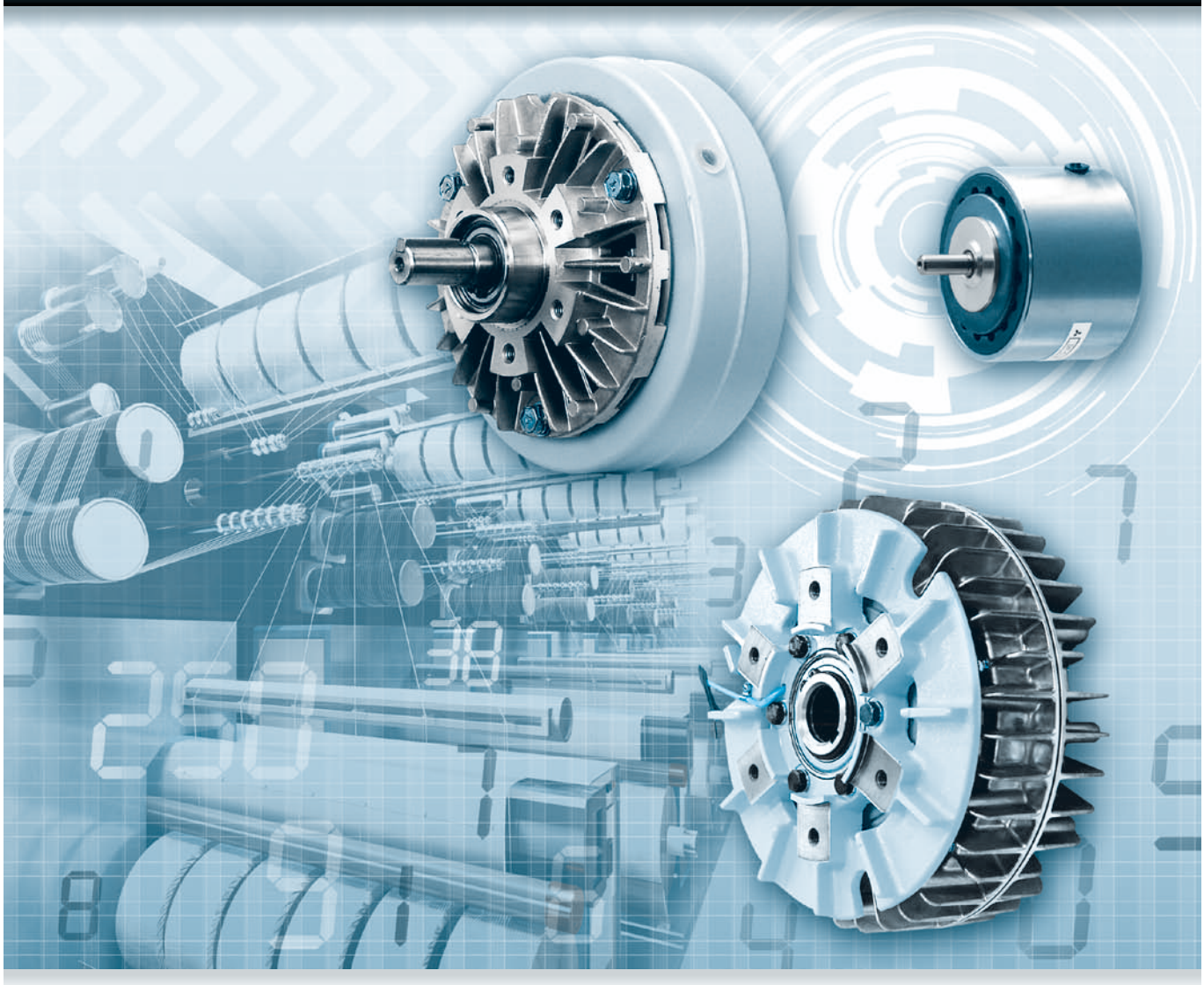
MITSUBISHI

Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ。 eco Changes

三菱電磁クラッチ・ブレーキ <パウダ式・ヒステリシス式>

技術資料



この製品を製造している三菱電機株式会社姫路製作所は、
環境マネジメントシステムISO14001、及び品質システムISO9001の認証取得工場です。

ISO 14001 JACO EC97J1234 UKAS MANAGEMENT SYSTEMS 051

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification UKAS MANAGEMENT SYSTEMS 008

技術・ふれあい・創造
THINK TOGETHER MITSUBISHI

三菱電磁クラッチ・ブレーキ
（パウダ式・ヒステリシス式）
技術資料

電磁クラッチ・ブレーキ（パウダクラッチ・ブレーキ、ヒステリシスクラッチ・ブレーキ）は印刷機械・紙工機械をはじめ各種産業機械の張力制御・動力吸収用などに幅広く使われています。

この“技術資料”により、三菱製パウダクラッチ・ブレーキ、ヒステリシスクラッチ・ブレーキの理解をさらに深めていただいて、皆様方の使用に役立てていただければ幸いです。

なお、この資料は今後も見直し、一層充実したものにしていく予定ですので、“カタログ”同様ご愛顧のほどお願いします。

1．技術資料内容について

(1) この技術資料は選定上、必要な一般的事項についてまとめています。従って、この技術資料以外、また特殊な内容についてはご照会ください。

(2) 詳細な寸法、仕様については、“三菱電磁クラッチ・ブレーキ”“三菱テンションコントローラ”のカタログをご参照ください。

(3) 各機種の取扱上の注意については製品に添付しています取扱説明書をご参照ください。

2．ＳＩ単位について

この技術資料の単位はＳＩ単位を採用しています。なお、クラッチ・ブレーキに関係のある単位の換算表を巻末に入れていますので参考としてください。

2009年2月

三菱電機株式会社

目　次

パウダクラッチ・ブレーキ ····· 1
1. 基本構造と動作 ····· 2
2. ZKB シリーズの構造 ····· 2
3. ZKG マイクロシリーズの構造 ····· 6
4. ZA シリーズの構造 ····· 7
5. 防爆形シリーズの構造 ····· 8
6. ZX シリーズの構造 ····· 8
7. 動作特性 ····· 9
8. トルク立ち上り特性 ····· 11
9. 励磁電流対トルク特性 ····· 12
10. ならし運転について ····· 13
11. スリップ回転速度対トルク特性 ····· 15
12. ヒステリシス特性と空転トルク特性 ····· 16
13. トルク安定性 ····· 17
14. トルク再現性 ····· 18
15. ブロワ冷却の場合の許容連続スリップ工率向上 ····· 19
16. 水冷式の水量・給水圧 ····· 23
17. 耐久性 ····· 24
18. 許容軸荷重について ····· 27
19. パウダブレーキの公転使用 ····· 32
20. 水路部スケール除去について ····· 33
21. 低回転速度使用 ····· 34
22. 起動時の異常トルクについて ····· 35
23. パウダクラッチ・ブレーキの騒音 ····· 36
24. 輸出時の梱包要領 ····· 37
25. トルク調整回路例 ····· 38
26. バリスタの選定 ····· 40
27. パウダクラッチ・ブレーキの選定要領 ····· 41
28. 巻取りクラッチ入力駆動用モータ選定計算要領 ····· 64
29. 選定フォーマット ····· 68
30. 許容連続スリップ工率 ····· 70
31. 使用上の注意 ····· 75

ヒステリシスクラッチ・ブレーキ ····· 79
1. 構造 ····· 80
2. 動作特性 ····· 83
3. 残留トルクリップル ····· 84
4. 許容軸荷重について ····· 86
5. ヒステリシスブレーキ公転使用時のベアリング疲れ寿命計算 ····· 88
6. ヒステリシスクラッチ・ブレーキの選定要領 ····· 91
7. 許容連続スリップ工率 ····· 93
8. 使用上の注意 ····· 96

Q & A ····· 97

電磁クラッチ・ブレーキ一般 ····· 105
1. 電磁クラッチ・ブレーキの基本特性 ····· 106
2. 電磁クラッチ・ブレーキの基本選定 ····· 108
3. 機械の負荷トルク計算法 ····· 109
4. 慣性モーメント J の求め方 ····· 110
5. 慣性モーメント J の計算早見表 ····· 112
6. 電磁クラッチ・ブレーキの温度基準 ····· 114
7. 電磁クラッチおよびブレーキ用語（抜粋） ····· 115
8. 電磁クラッチ・ブレーキの形式選定に使用される計算式一覧表 ····· 119

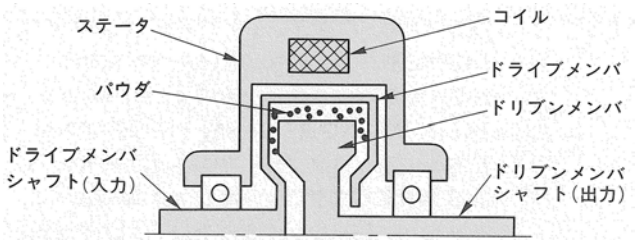
パウダクラッチ・ブレーキ

1. 基本構造と動作 …… 2
2. ZKB シリーズの構造 …… 2
2.1 自然冷却式 …… 3
2.2 強制空冷式 …… 4
2.3 水冷式 …… 5
3. ZKG マイクロシリーズの構造 …… 6
4. ZA シリーズの構造 …… 7
5. 防爆形シリーズの構造 …… 8
6. ZX シリーズの構造 …… 8
7. 動作特性 …… 9
8. トルク立ち上り特性 …… 11
9. 励磁電流対トルク特性 …… 12
10. ならし運転について …… 13
11. スリップ回転速度対トルク特性 …… 15
12. ヒステリシス特性と空転トルク特性 …… 16
13. トルク安定性 …… 17
14. トルク再現性 …… 18
15. ブロワ冷却の場合の許容連続スリップ工率向上 …… 19
16. 水冷式の水量・給水圧 …… 23
17. 耐久性 …… 24
18. 許容軸荷重について …… 27
18.1 ZKB シリーズ …… 28
18.2 ZA シリーズ …… 29
18.3 ZKG シリーズ …… 30
18.4 ZX シリーズ …… 31
19. パウダブレーキの公転使用 …… 32
19.1 取付方法 …… 32
19.2 許容遠心力 …… 32
19.3 その他注意事項 …… 32
20. 水路部スケール除去について …… 33
21. 低回転速度使用 …… 34
22. 起動時の異常トルクについて …… 35
22.1 現象 …… 35
22.2 原因と対策 …… 35
23. パウダクラッチ・ブレーキの騒音 …… 36
24. 輸出時の梱包要領 …… 37
25. トルク調整回路例 …… 38
26. バリスタの選定 …… 40
27. パウダクラッチ・ブレーキの選定要領 …… 41
27.1 概要 …… 41
27.2 張力制御用として使用する場合 …… 42
27.3 パウダクラッチを連結用として使用する場合 …… 59
27.4 試験装置の負荷用として使用する場合 …… 62
28. 巻取りクラッチ入力駆動用モータ選定計算要領 …… 64
29. 選定フォーマット …… 68
29.1 巻出し用パウダブレーキの選定 …… 68
29.2 巻取り用パウダクラッチの選定 …… 69
30. 許容連続スリップ工率 …… 70
31. 使用上の注意 …… 75
31.1 一般項目 …… 75
31.2 定格トルクと定格電流の関係 …… 75
31.3 トルクについて …… 75
31.4 寿命について …… 76
31.5 低速回転 (15r/min 以下) で運転する場合 …… 76
31.6 ならし運転を行ってください。 …… 76
31.7 強制空冷の場合 …… 76
31.8 サーモブロック冷却式について …… 76
31.9 水冷の場合 …… 77
31.10 選定について …… 77
31.11 起動時の異常トルクについて …… 77
31.12 その他 …… 77

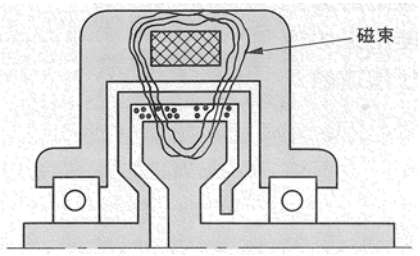
パウダクラッチ・ブレーキ

1. 基本構造と動作

パウダクラッチの基本構造を下図に示します。ドライブメンバ(入力側)とドリブンメンバ(出力側)を同心円筒上にパウダギャップを隔てて配置し、両メンバは自由に回転できるようにベアリングでささえられています。
このパウダギャップに透磁率の高いパウダ(磁性鉄粉)を入れ、それに磁束を流すよう外周に励磁用コイルが配置されています。
無励磁でドライブメンバが回転していれば、パウダは遠心力によりドライブメンバ動作面に押し付けられ、ドライブメンバとドリブンメンバとは連結していません。
コイルを励磁すると、発生した磁束に沿ってパウダが鎖状に連結しますが、このときのパウダ間の連結力およびパウダと動作面との摩擦力によりトルクが伝達されます。
したがって、パウダを媒体とした摩擦クラッチともいうことができます。
なお、ドリブンメンバ(出力側)を固定した製品がパウダブレーキとなります。



遮断時
励磁コイルに電流を流さないときは、クラッチは解放状態となり、トルクは伝達されません。このとき、パウダは遠心力によりパウダキャップの外周部に押し付けられています。



連結時
コイルが励磁されると、磁束によりパウダがパウダギャップ内に鎖状に連結されてトルクを伝達します。

2. ZKBシリーズの構造

コイル静止形のZKBシリーズは冷却方法によって次のように分類できます。

- ZKBシリーズ
  - 自然冷却式
    - ZKB-AN形パウダクラッチ
    - ZKB-YN形パウダブレーキ
  - 自然冷却式 強制空冷式 兼用
    - ZKB-BN形パウダクラッチ
    - ZKB-XN形パウダブレーキ
  - サーモブロック式
    - ZKB-HBN形パウダブレーキ
  - 水冷式
    - ZKB-WN形パウダブレーキ

2.1 自然冷却式

ZKB-AN形パウダクラッチ、ZKB-YN形パウダブレーキシリーズは自然冷却専用です。

使用ベアリング

形名	ベアリング
ZKB-0.06AN, -0.06YN	6000
ZKB-0.3AN, -0.3YN	6202
ZKB-0.6AN, -0.6YN	6202

ベアリングは耐熱性等を考慮した特殊品です。

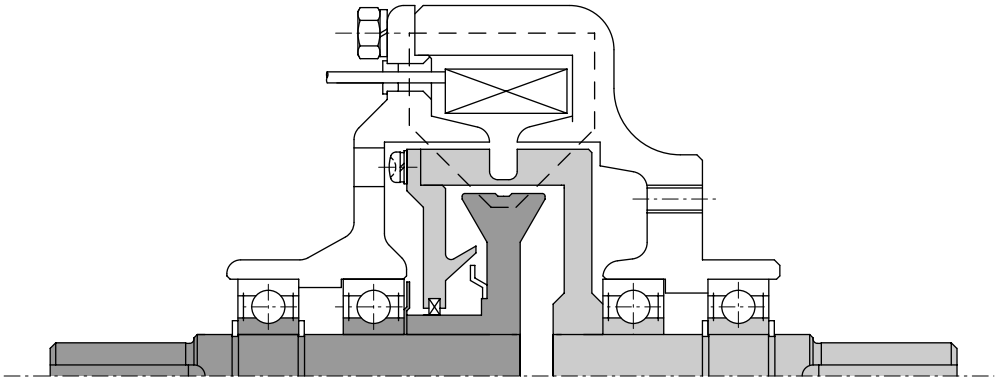


図1　ZKB-0.06AN～ZKB-0.6AN形パウダクラッチ（代表例）

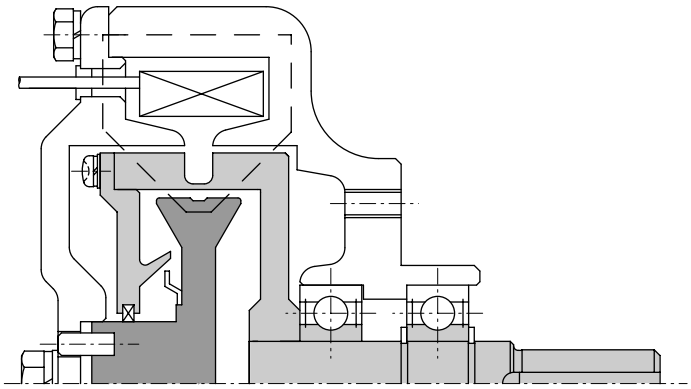


図2　ZKB-0.06YN～ZKB-0.6YN形パウダブレーキ（代表例）

2.2 強制空冷式

ZKB-BN形パウダクラッチ、ZKB-XN形パウダブレーキシリーズは圧縮空気をエアギャップに吹きつけ、スリップで発生した熱を外部に放散するようにした構造です。この形式は自然冷却式としても使用できます。このとき冷却効果をあげるためにドライブメンバの片側にフィンが設けてあります。従って入力回転速度によって許容連続スリップ工率が異なります。

ZKB-HBN形パウダブレーキは熱伝導性のすぐれたサーモブロックをブレーキに内蔵し軸流ファンで強制的に冷却することにより、水冷なみの冷却効果をあげることができます。

使用ベアリング

形名	ベアリング
ZKB-1.2BN	6003
ZKB-2.5BN	6005
ZKB-5BN	6206
ZKB-10BN	6307
ZKB-20BN	6308
ZKB-40BN	6310

ベアリングは耐熱性等を考慮した特殊品です。

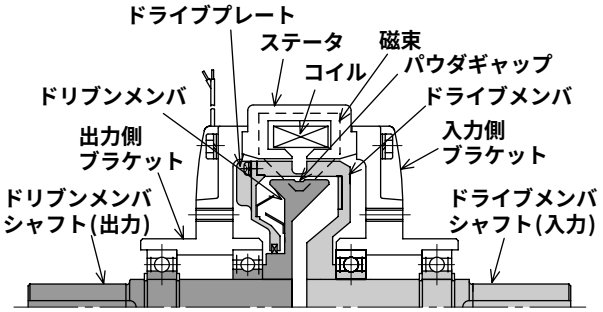


図3　ZKB-1.2BN～40BN形パウダクラッチ（代表例）

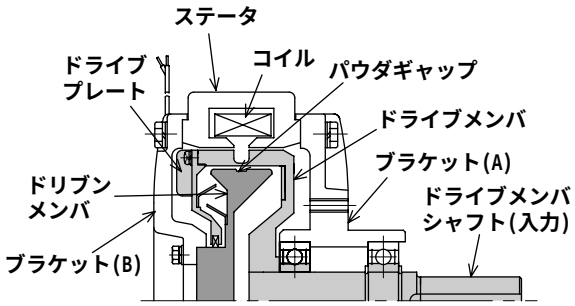


図4　ZKB-1.2XN～40XN形パウダブレーキ（代表例）

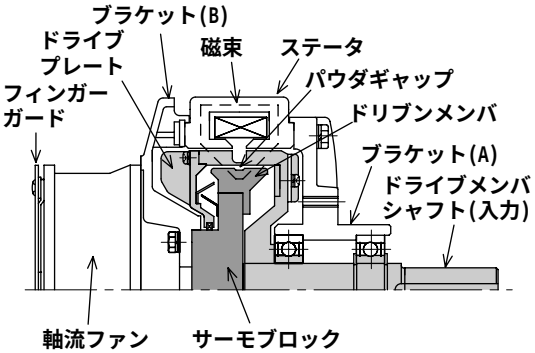


図5　ZKB-2.5HBN～40HBN形パウダブレーキ
（代表例）

使用ベアリング

形名	ベアリング
ZKB-1.2XN	6003
ZKB-2.5XN, 2.5HBN	6005
ZKB-5XN, 5HBN	6206
ZKB-10XN, 10HBN	6307
ZKB-20XN, 20HBN	6308
ZKB-40XN, 40HBN	6310

ベアリングは耐熱性等を考慮した特殊品です。

2.3 水冷式

(1) ZKB-WNブレーキ

ZKB-XN形パウダブレーキのドリブンメンバに冷却水路を設けたものです。

使用ベアリング

形名	ベアリング
ZKB-2.5WN	6005
ZKB-5WN	6206
ZKB-10WN	6307
ZKB-20WN	6308
ZKB-40WN	6310

ベアリングは耐熱性等を考慮した特殊品です。

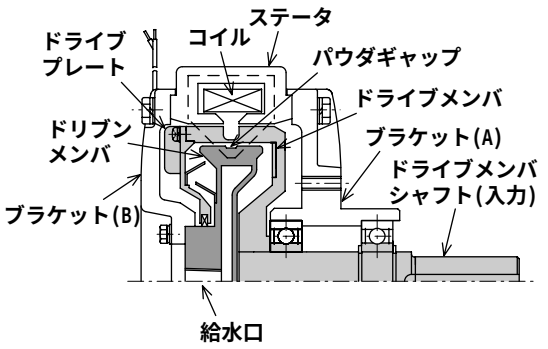


図6　ZKB-2.5WN～ZKB-40WN形パウダブレーキ
（代表例）

3. ZKGマイクロシリーズの構造

ZKGシリーズは回転部の慣性モーメントを小さくするため特別の構造を採用し、高ひん度の使用に耐えるようにしています。

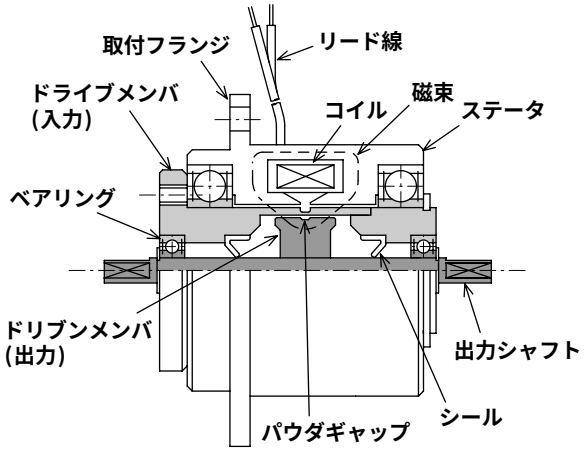


図1　ZKG-5AN～ZKG-100AN形マイクロパウダクラッチ(代表例)

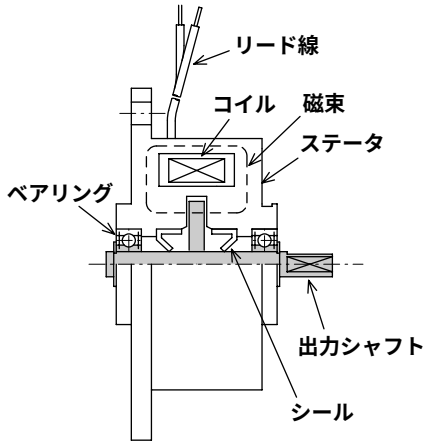


図2　ZKG-5YN～ZKG-50YN形マイクロパウダブレーキ(代表例)

4. ZAシリーズの構造

コイル静止、貫通軸形のZAシリーズはZA-A1形クラッチ6～200N・mとZA-Y形ブレーキ6～400N・mとがあります。また自然冷却形ですが、入力回転側の外周部に放熱用のフィンおよび動作面を配置しているので、自然冷却の効果が非常に高くなっています。

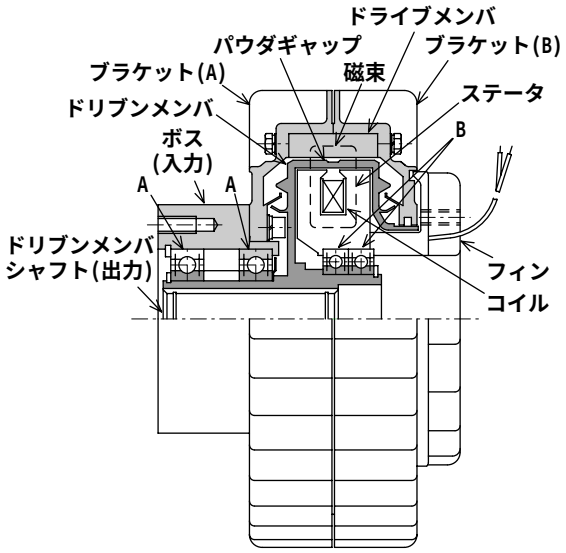


図1　ZA-0.6A1～ZA-20A1形パウダクラッチ(代表例)

使用ベアリング

形名	ベアリング	
	A	B
ZA-0.6A1	6905	6905
ZA-1.2A1	6006	6906
ZA-2.5A1	6006	6907
ZA-5A1	6009	6909
ZA-10A1	6010	6010
ZA-20A1	6014	6014

ベアリングは耐熱性等を考慮した特殊品です。

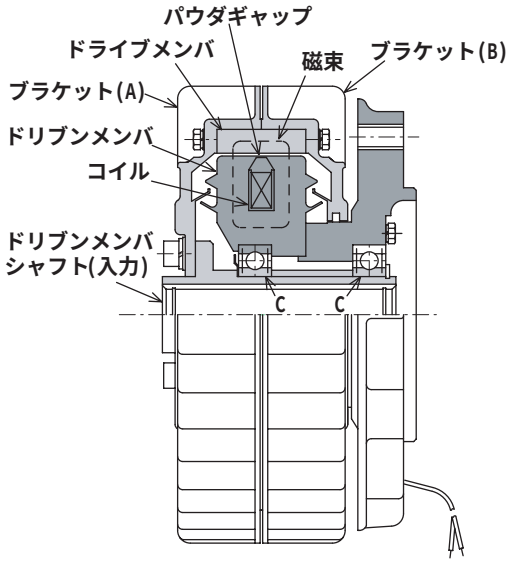


図2　ZA-0.6Y～ZA-40Y形パウダブレーキ(代表例)

使用ベアリング

形名	ベアリングC
ZA-0.6Y	6004
ZA-1.2Y1	6006
ZA-2.5Y1	6006
ZA-5Y1	6009
ZA-10Y1	6010
ZA-20Y1	6014
ZA-40Y	6014

ベアリングは耐熱性等を考慮した特殊品です。

5. 防爆形シリーズの構造

防爆形パウダクラッチは、ZKB形パウダクラッチの全体をカバーでおおい、工場電気設備防爆指針(1979年10月,旧労働省産業安全研究所発行)に規定された防爆性能を十分満足する耐圧防爆構造としたもので、本体と端子箱により構成されております。

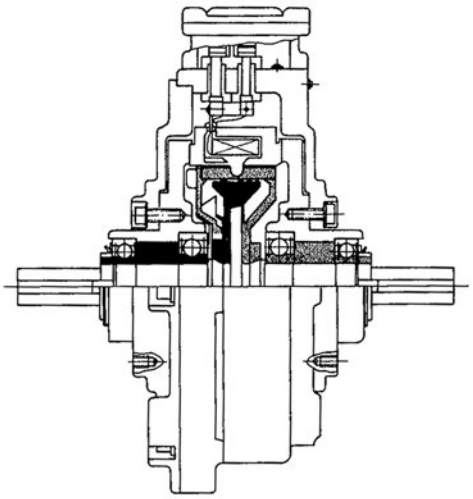


図1　ZKB-1.2B4-909～ZKB-20B2-909形
パウダクラッチ(代表例)

6. ZXシリーズの構造

ZXシリーズは薄形、貫通軸タイプでコストパフォーマンスにすぐれています。
コイル仕様は、定格電圧DC24VとDC80Vの2種類があります。

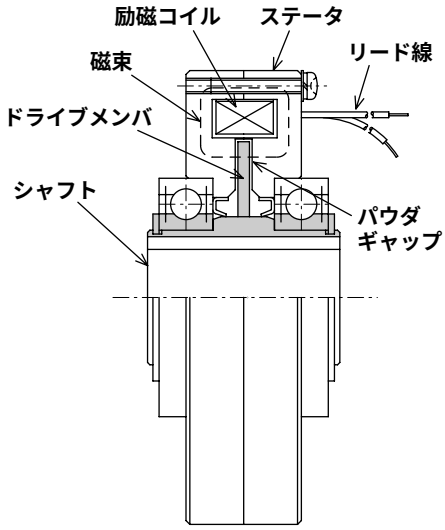


図1　ZX-0.3YN-24(80)～ZX-1.2YN-24(80)形
パウダブレーキ(代表例)

7. 動作特性

起動時間を制御したいとき、高ひん度のくりかえし動作を検討するときに必要な動作特性を説明します。図１はパウダクラッチの連結時と解放時の動作を示しています。励磁コイルに電圧を印加すると、励磁電流は励磁コイルの抵抗Ｒとインダクタンスｌによってきまる時定数(T＝L/R)によって指数関数的に上昇します。トルクは励磁電流のそれよりごくわずか遅れて、駆動側と被動側のスリップ回転速度に関係なく、励磁電流に追従して設定トルクまで上昇し、そのトルクで引き続き負荷を加速します。

いいかえれば、駆動側と被動側が完全連結しなくても、設定トルクまで立ち上ることが可能です。この特性はクラッチの熱容量の大きいことと合わせて、緩衝起動停止や高速起動停止に対して理想的な特性です。

とくに急速な連結や制動が要求される場合は、励磁コイルに直列抵抗を入れて時定数を小さくしたり、定格電圧の２～３倍の電圧をトルク時定数の時間だけ過励磁することによって、トルクの立ち上りを速くすることができます。定格励磁のときはコイルの時定数Tの約４～５倍でトルクは完全に立ち上ります。また反対に励磁を遮断したときにトルクが消滅するまでに要する時間は約1T程度です。

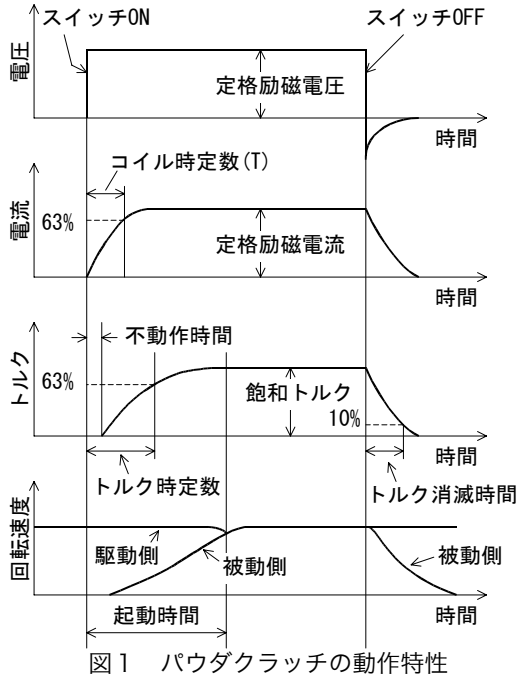


図１　パウダクラッチの動作特性

表１～表4に各シリーズのコイル時定数とトルク時定数を示します。

表１　ZKBシリーズ　コイル、トルク時定数

形名	コイル時定数(s)	トルク時定数(s)
ZKB-0.06AN	0.03	0.09
ZKB-0.3AN	0.08	0.13
ZKB-0.6AN	0.08	0.13
ZKB-1.2BN	0.10	0.18
ZKB-2.5BN	0.12	0.20
ZKB-5BN	0.13	0.27
ZKB-10BN	0.25	0.5
ZKB-20BN	0.35	1.2
ZKB-40BN	0.40	1.5

注１．ZKB-XN、YN、WN、HBN形の各時定数は表１と同値です。

注２．表はならし運転完了後、スリップ回転速度200r/minの測定例です。
パウダクラッチを長時間放置していた場合、空転時間が長い場合などにはトルク時定数が大きくなることがあります。
またパウダが劣化するに従い、トルク時定数は大きくなりますので注意してください。

注３．コイル温度75℃の値を示します。

表2　ZAシリーズ　コイル、トルク時定数

形名	コイル時定数(s)	トルク時定数(s)
ZA-0.6A1	0.04	0.08
ZA-1.2A1	0.04	0.10
ZA-2.5A1	0.06	0.13
ZA-5A1	0.09	0.17
ZA-10A1	0.14	0.30
ZA-20A1	0.30	0.90
ZA-0.6Y	0.10	0.20
ZA-1.2Y1	0.13	0.20
ZA-2.5Y1	0.15	0.25
ZA-5Y1	0.17	0.35
ZA-10Y1	0.30	0.70
ZA-20Y1	0.60	1.0
ZA-40Y	0.60	1.3

表3　ZKGシリーズ　コイル、トルク時定数

形名	コイル時定数(s)	トルク時定数(s)
ZKG-5AN	0.02	0.04
ZKG-10AN	0.03	0.07
ZKG-20AN	0.05	0.10
ZKG-50AN	0.06	0.13
ZKG-100AN	0.09	0.37
ZKG-5YN	0.020	0.04
ZKG-10YN	0.020	0.04
ZKG-20YN	0.034	0.07
ZKG-50YN	0.045	0.09

表4　ZX-YNシリーズ　コイル, トルク時定数

形名	コイル時定数(s)	トルク時定数(s)
ZX-0.3YN-24	0.035	0.09
ZX-0.3YN-80	0.03	0.09
ZX-0.6YN-24	0.05	0.1
ZX-0.6YN-80	0.046	0.1
ZX-1.2YN-24	0.07	0.15
ZX-1.2YN-80	0.07	0.15

8. トルク立ち上り特性

定格励磁ではトルク立ち上りが遅い場合は急速励磁、急速過励磁、過励磁などによって速くすることができます。

図1、図2にZKB-5BN形パウダクラッチを急速励磁、急速過励磁、過励磁したときのトルクの立ち上り特性を示します。

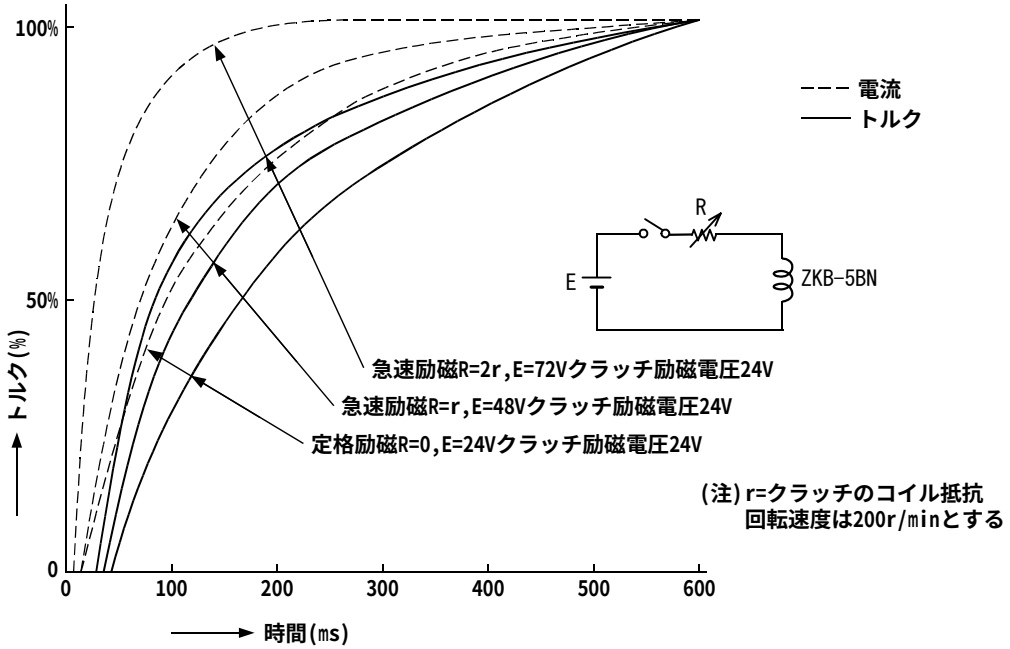


図1　ZKB-5BN形パウダクラッチの急速励磁によるトルク立ち上り特性

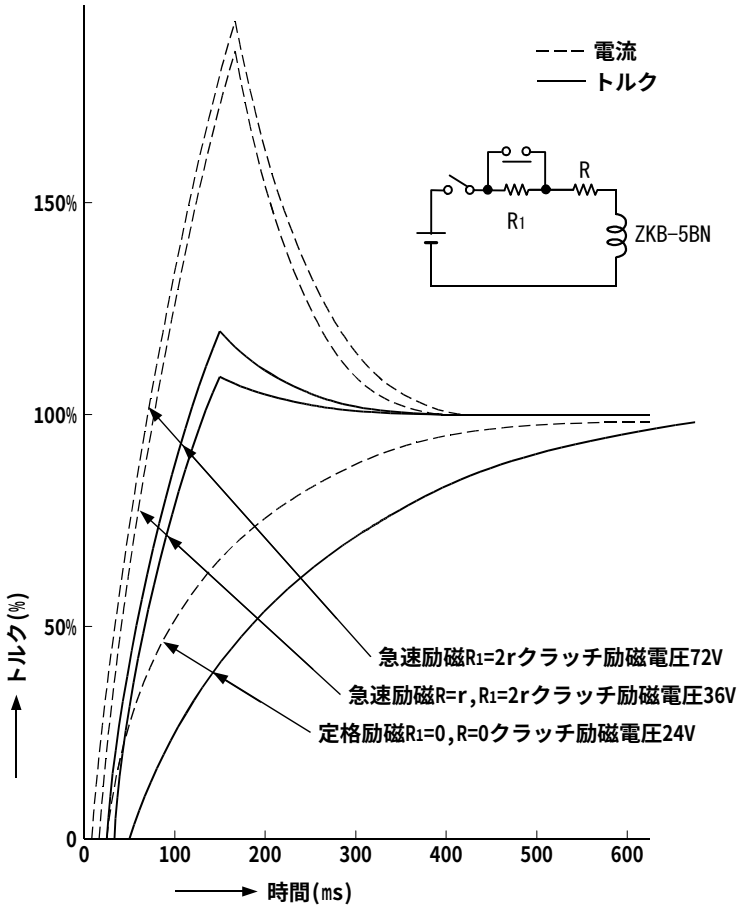


図2　ZKB-5BN形パウダクラッチの急速過励磁と過励磁によるトルク立ち上り特性

注.

(1)過励磁を行う時間はトルク時定数(表1～4参照)の約1/2以下とし、また自乗平均による電圧が定格電圧を超えないようにしてください。自乗平均は次の計算例にならうものとしてください。

48V×0.2s、20V×3s、休止×ls

$$\text{自乗平均電圧} = \sqrt{\frac{48^2\times0.2+20^2\times3}{0.2+3+1}}$$

$$\fallingdotseq 20\text{V}$$

(2)図1、図2は負荷トルクのない例を示しています。

起動連結の場合、負荷トルク(この場合は被駆動側を止めつづけようとするトルク)よりクラッチのトルクが大きくなるまでは、被駆動側の回転は始まりません。

9. 励磁電流対トルク特性

図１はZKBシリーズのパウダクラッチの励磁電流対トルク特性です。この図からも明らかなように広範囲にわたってトルクは励磁電流に比例し、トルクの制御性のよいことを示しています。

トルクが電流に比例するのは、定格トルクの5～100%の範囲です。

自動制御装置を併用しますと、製品の空転トルクまで、制御可能です。空転トルクは定格トルクの2%程度ですが、機種によって異なりますので詳細はカタログを参照してください。

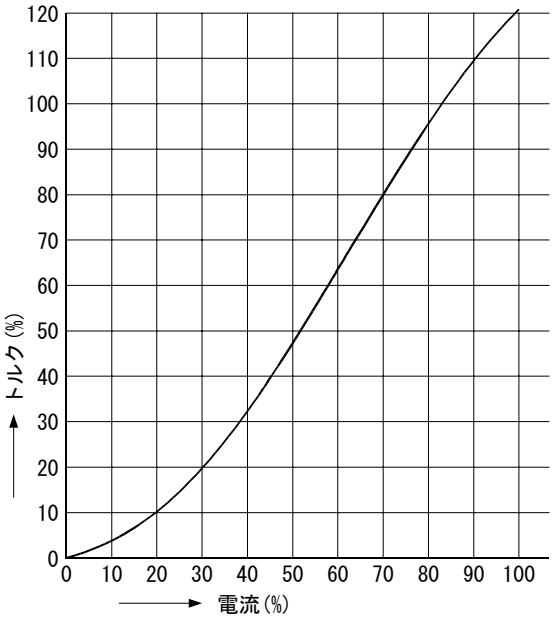


図１　ZKBシリーズ電流対トルク特性(代表例)

10.ならし運転について

パウダクラッチ・ブレーキ内部のパウダは輸送中のショック等によりクラッチ・ブレーキ内部で偏在していますので、正規の運転に入る前にならし運転を行ってください。

1. ならし運転はなぜ必要か？

パウダクラッチ・ブレーキで本来の性能を引き出すためには、パウダがパウダギャップ内で均一に分布していることが重要です。パウダが偏在しているとトルクが低くなったり、変動したり、トルクの引っかかりが発生したりして、本来の性能が発揮できなくなります。

ならし運転をすると、偏在しているパウダをパウダギャップ内で均一に分布させることができ、励磁電流に比例した安定したトルクを発生させることができます。

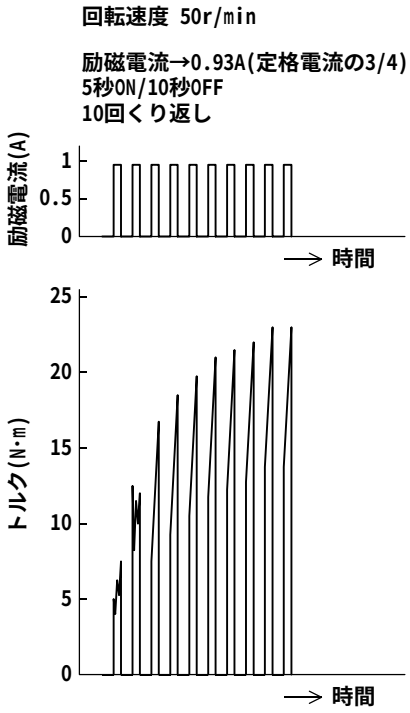


図１　励磁電流をON/OFFさせた場合の測定例
(ZKB-2.5XN形パウダブレーキ)

2. パウダクラッチ・ブレーキならし運転要領

無励磁のままの状態でドライブメンバを200r/min程度で１分間程度回転させた後、励磁電流を定格値の1/4～1/2に設定し、ドライブメンバを回転させながら励磁電流を5秒間ON、10秒間OFFのサイクルで10回程度行ってください。

尚、クラッチの場合は出力軸を固定して行ってください。

励磁電流をON/OFFさせることによって、パウダがパウダギャップ内に入り易くなります。

図1，図2は励磁電流をON/OFFさせた場合とONし続けた場合のトルク測定例です。

励磁電流をON/OFFさせた場合はON/OFF回数を重ねるごとにトルクが高くなっており、ならし運転の効果が確認できます。それに対して、励磁電流をONし続けた場合はトルクが高くなるのにかなり時間がかかっている様子がわかります。

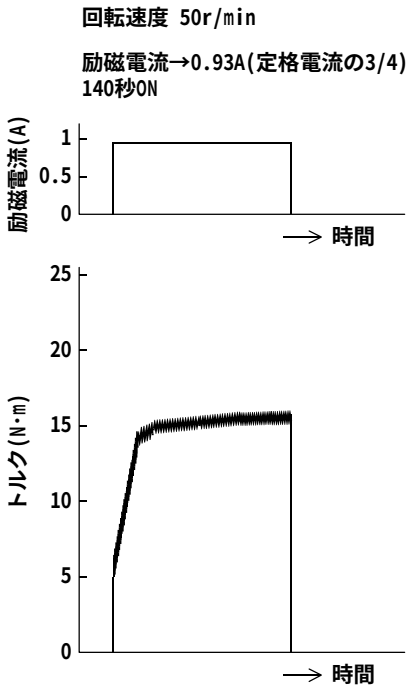


図2　励磁電流をONし続けた場合の測定例
(ZKB-2.5XN形パウダブレーキ)

ならし運転が不十分な間はトルクが低かったり、変動したりしますが、ならし運転が十分行われパウダが均一に分布すると、励磁電流に比例した安定したトルクが発生するようになります。

3. 正規のならし運転が困難な場合

(1) ドライブメンバの回転速度を 200r/min 以上にできない、トルクが大きすぎてクラッチの出力軸が固定できない、などの場合は、励磁電流のON時間を長くしたり、ON/OFF回数を増やしたりしてならし運転を行ってください。いずれの場合もクラッチ・ブレーキの表面温度が取扱説明書に示す限界を超えないように十分注意してください。上記要領の場合、効果は正規要領の場合よりは若干劣りますが、機械の試運転中に徐々にならしが完了します。

(2) 張力制御で使用する場合は、テスト用材料を使用してできるだけ機械を高速にして試運転を行ってください。張力検出を行いフィードバック制御で使用する場合は、テンションコントローラにて自動制御を行うため、ならし不足によるトルク不足が問題になることはありません。巻径検出方式や手動電源装置のようなオープンループ制御で使用する場合は、機械据付後、運転開始初期はトルクが小さく、運転時間とともに徐々に正規のトルクに近づいていきます。トルクが安定するまでは、常に張力の状態に注意し、コントローラの出力調整が必要となります。

11.スリップ回転速度対トルク特性

図1はZKB-2.5XN形パウダブレーキの励磁電流をパラメーターとし、ブレーキの回転速度を0→1,000r/minと変化させた時のトルク測定例です。
なお、機種によってトルクの安定度合いは若干異なりますが、このように励磁電流を一定に保てばスリップ回転速度(駆動側ドライブメンバと被動側ドリブンメンバの回転速度の差)に関係なく、トルクを一定に保てます。これは動力伝達の媒体として、半固体ともいうべき磁性鉄粉(パウダ)を使用しているためです。この特性はいいかえれば静摩擦トルクと動摩擦トルクの差がないことであり、トルク制御の容易さを示しています。この特性は連続スリップで使用可能なこと、熱容量の大きいことと合わせて張力制御、緩衝起動、トルクリミッタなどパウダクラッチ・ブレーキの応用範囲を広めています。

テスト構成

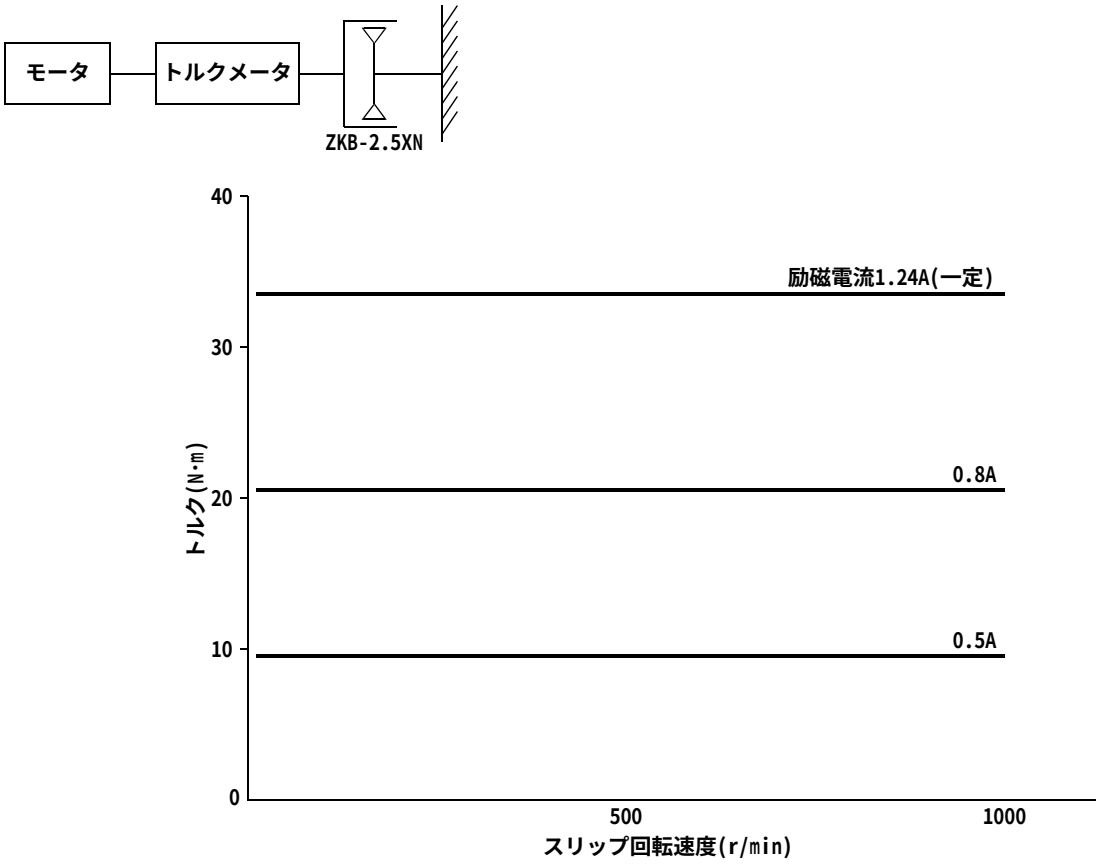


図1　スリップ回転速度対トルク特性(測定例)

12.ヒステリシス特性と空転トルク特性

パウダクラッチは励磁電流の増大と減少でトルク特性はヒステリシス特性を示します。

図１はZKB-5BN形クラッチの励磁電流0A→0.75A→0A、0A→1.5A→0A、0A→2.15A→0Aのときのヒステリシス特性です。この特性からも明らかなように励磁電流の大きさによってヒステリシスの幅が変化します。

なお、励磁電流を完全に遮断しても、構成部品の残留磁気、ベアリングのグリース、シールなどの摩擦による機械損によって空転トルクが生じます。

したがって、この空転トルク以上でないと制御は出来ません。

なお、空転トルクの値についてはカタログに各機種毎に記載しておりますのでご参照ください。

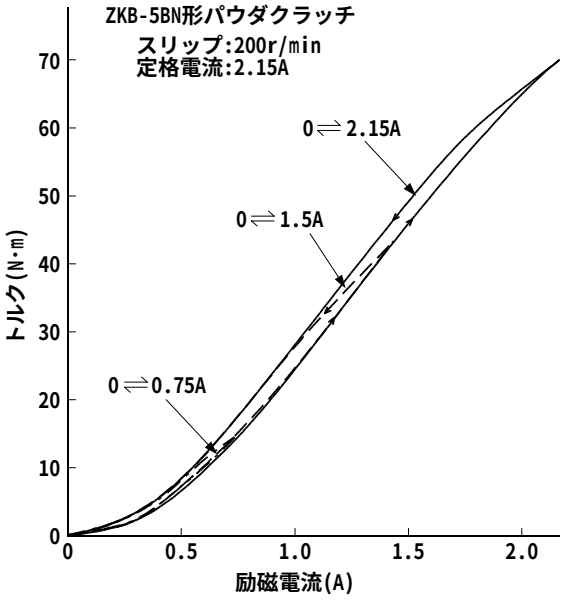


図１　パウダクラッチのトルクヒステリシス特性
（測定例）

13.トルク安定性

図１は ZKB-10XN 形ブレーキの入力回転速度を700r/min、励磁電流を0.37Aに設定し、30分運転、15分休止のサイクルを3回くりかえしたときのトルクの安定性を示すものです。

図2は同じく入力回転速度を150r/min、励磁電流を0.67Aに設定し、同じ要領でくりかえしたときのトルクの安定性を示すものです。

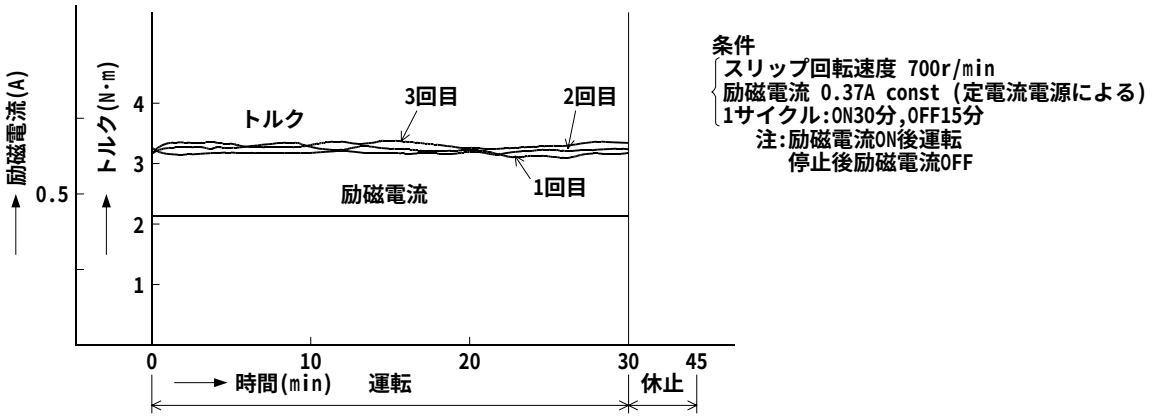


図１　ZKB-10XNパウダブレーキ伝達トルク推移(測定例)

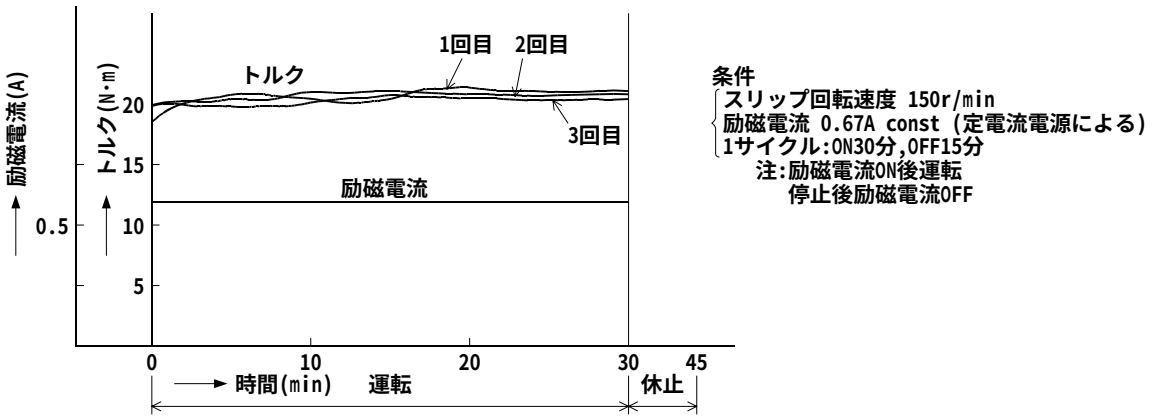


図２　ZKB-10XN形パウダブレーキ伝達トルク推移(測定例)

14.トルク再現性

図1はZKB-2.5XN形パウダブレーキの入力回転速度を50r/min、励磁電流を0.9Aに設定し、10秒ON、2秒OFFのサイクルで20回くりかえしたときのトルク再現性を示す測定例です。

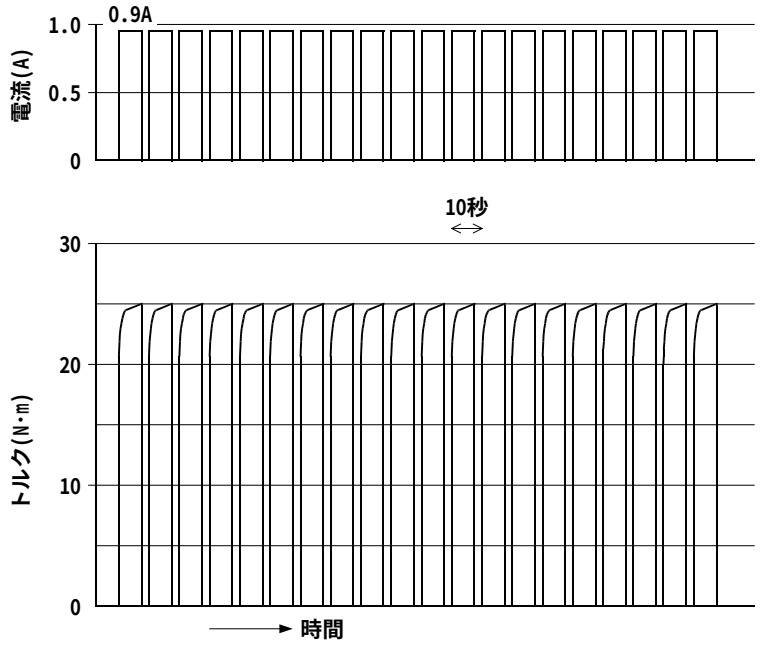
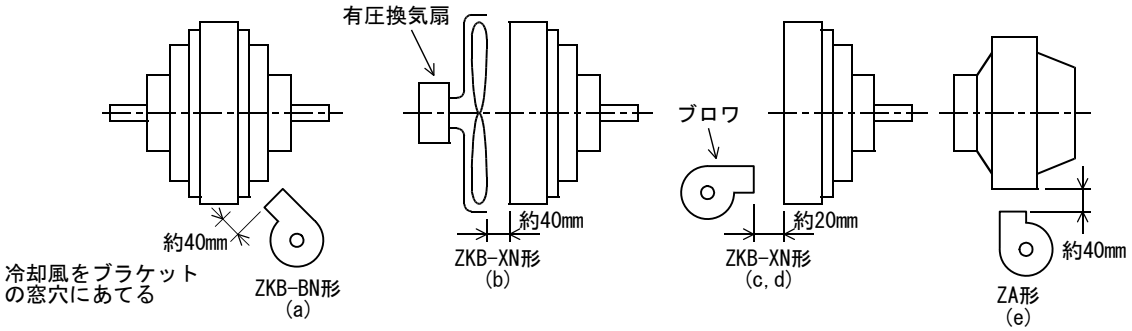


図1　トルク再現性(測定例)

15.ブロワ冷却の場合の許容連続スリップ工率向上

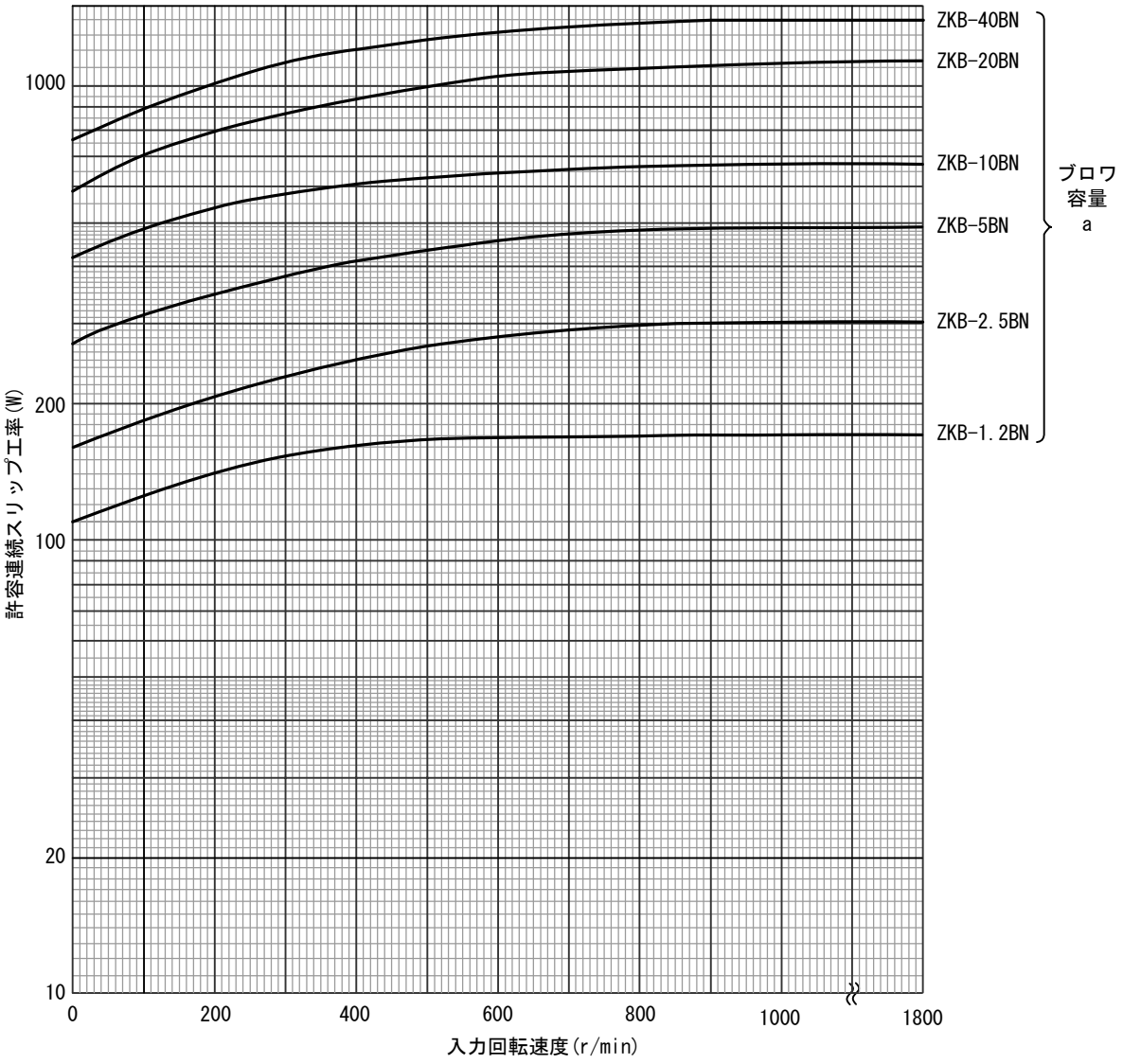
パウダクラッチ・ブレーキの許容連続スリップ工率を大きくする方法としてブロワによる冷却があります。ブロワ冷却の場合、ブロワの容量・位置、ダクトの有無などによって許容連続スリップ工率が変化しますので、次項のグラフは一つの目安とし、パウダクラッチ・ブレーキの表面温度が80℃以下となるようにご使用ください。

(1) 取付例

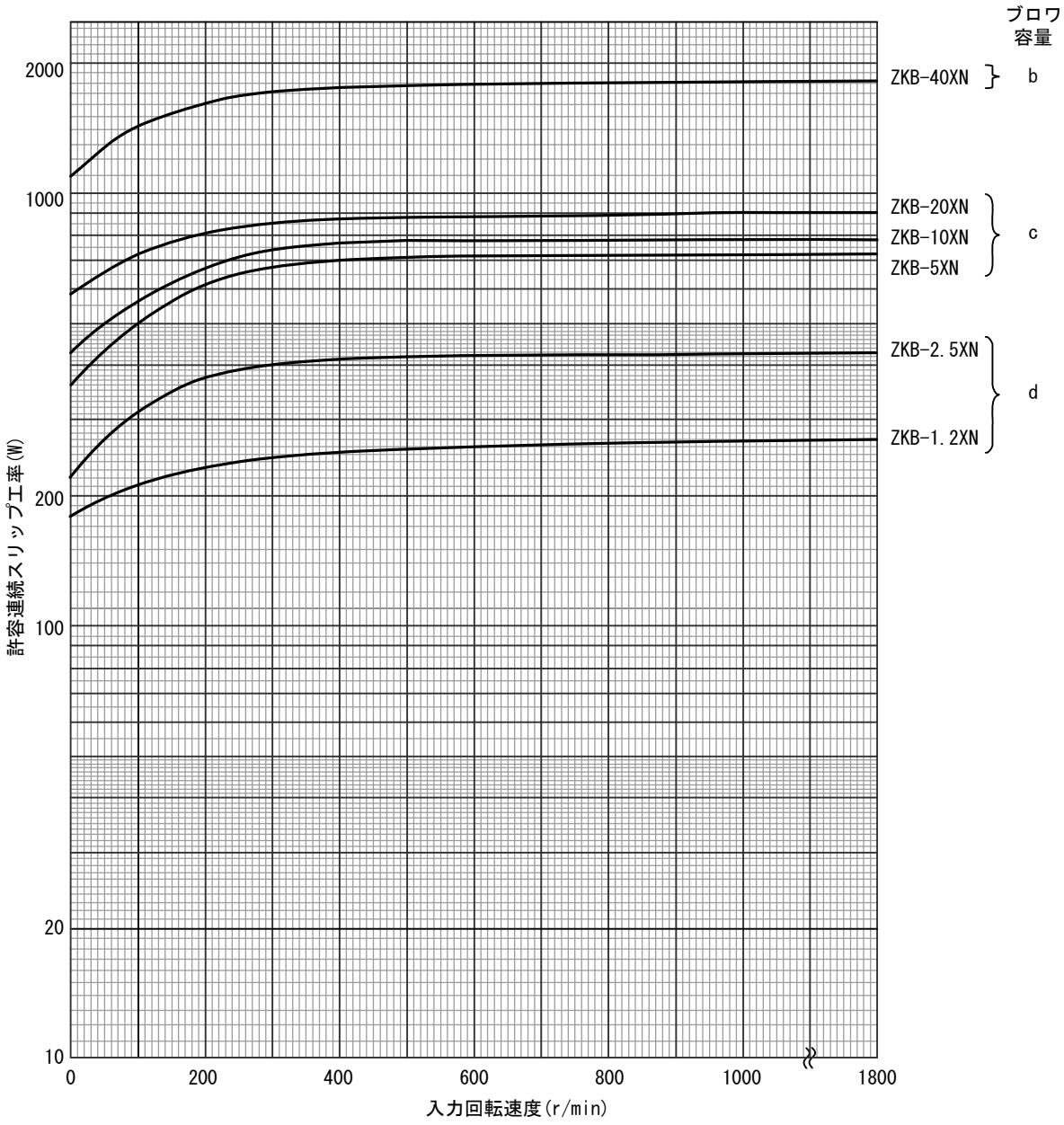


(2) ブロワ容量

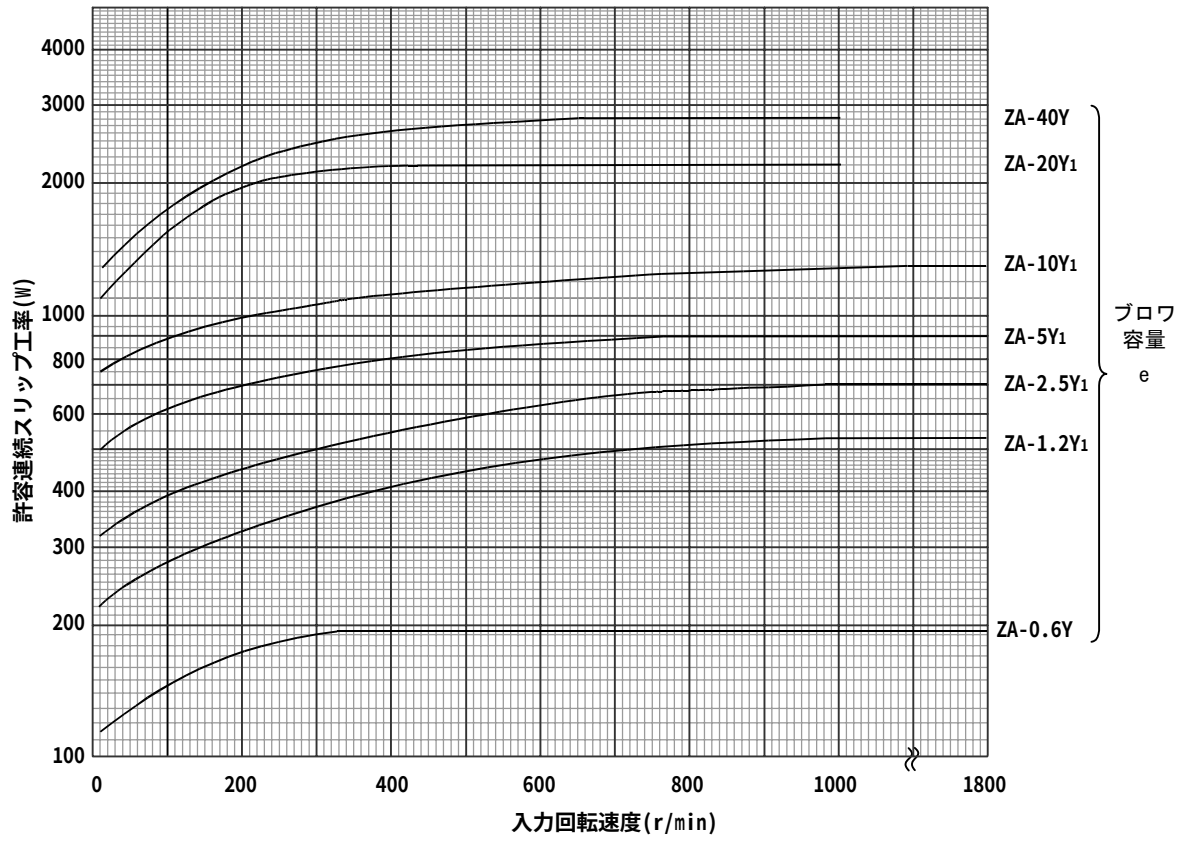
グラフ中の記号	風量 (m^3/min)	静圧 (Pa)	該当ブロワ(三菱電機製)
a	12.3	86	(50Hz) 片吸込形シロッコファン BF-19S
			(60Hz) 片吸込形シロッコファン BF-19S
b	19	70	(50Hz) 有圧換気扇 EF-35CSB1
			(60Hz) 有圧換気扇 EF-30BSB1
c	4.6	150	(50Hz) 片吸込形シロッコファン BF-19S
			(60Hz) 片吸込形シロッコファン BF-17S
d	1.7	150	(50Hz) 片吸込形シロッコファン BF-17S
			(60Hz) 片吸込形シロッコファン BF-16S
e	2	100	(50Hz) 片吸込形シロッコファン BF-16S
			(60Hz) 片吸込形シロッコファン BF-12S



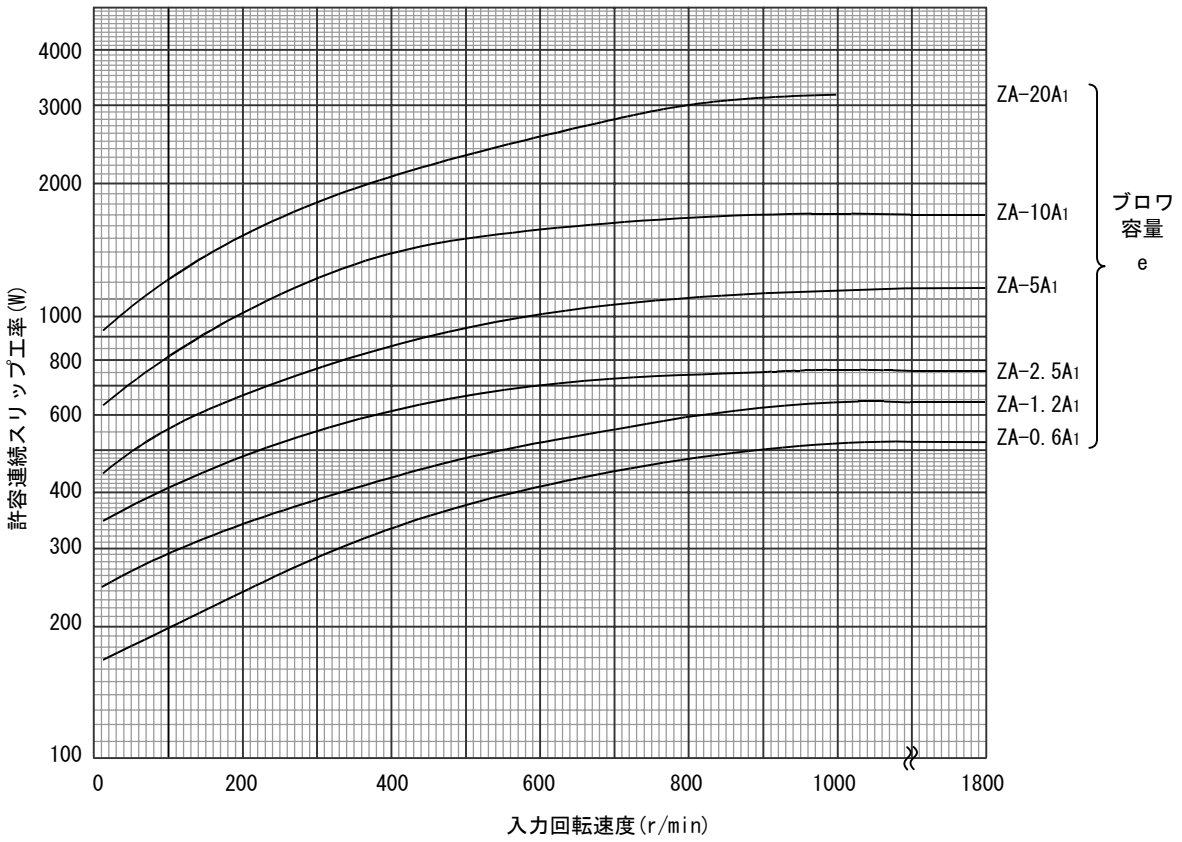
ZKB-BN形パウダクラッチ(ブロワ冷却時)



ZKB-XN形パウダブレーキ(ブロワ冷却時)



ZA-Y形パウダブレーキ(ブロワ冷却時)



ZA-A1形パウダクラッチ(ブロワ冷却時)

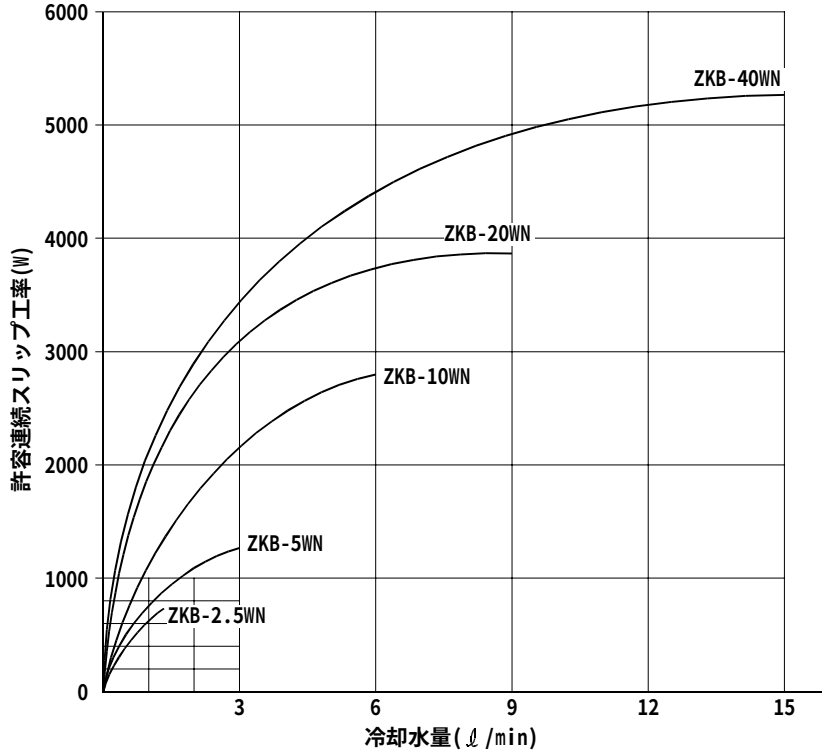
16.水冷式の水量・給水圧

(1) 水冷式パウダブレーキの冷却水量対許容連続スリップ工率

結露防止のため運転中のスリップ工率が小さい時、下記グラフを参考に冷却水量を減らしてください。

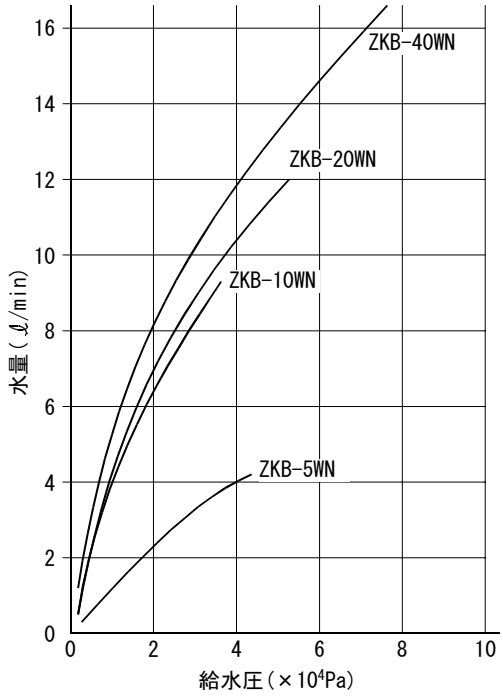
(注) 冷却水温　30℃のときとします。
防錆剤入りを使用すると、許容連続スリップ工率は約10%小さくなります。

ZKB-WN形パウダブレーキ冷却水量対許容連続スリップ工率



(2) 水冷式パウダブレーキの給水圧対水量

ZKB-WN形パウダブレーキ給水圧対水量



17.耐久性

パウダクラッチの耐久性を左右する要素として、パウダとベアリングのグリースがあげられます。許容連結エネルギーや許容連続スリップ工率は、パウダの焼損、焼結やベアリングのグリースの変質などが起こらず、しかもかなり長時間その温度にさらされていてもさしつかえない値に設定しています。

パウダは長時間使用すると酸化し、それにともなってトルク特性は低下しますが、トルクが初期値から30%低下した時点までを寿命とすれば許容連結仕事量、許容連続スリップ工率の範囲で使用した場合には、約5,000～8,000時間[注)]の寿命があります。許容値より低いところで使用すれば、これ以上の寿命が期待できることはいうまでもありません。

例えばZKB-5BN形を張力制御で使用し、トルクは定格トルクの20%で許容連続スリップ工率70～80%(自然冷却) 5年間後もトルク低下は10～20%でした。これに類似する実績も数多くあります。

逆に許容値を超えるところで使用するとパウダの酸化が急激に進み、トルク劣化を促進したり、部品の損傷を引きおこす可能性がありますので注意してください。

次にベンチでの耐久テスト結果を説明します。

注. 一般的な巻取り、巻出し用に使用した場合の推定値です。

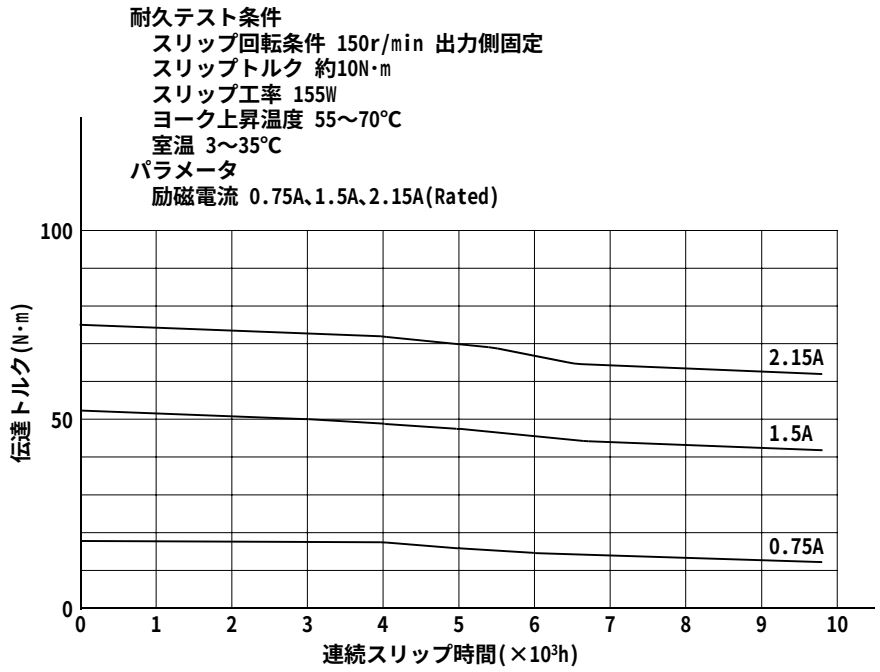


図1 ZKB-5BN形耐久テストトルク特性推移(測定例)

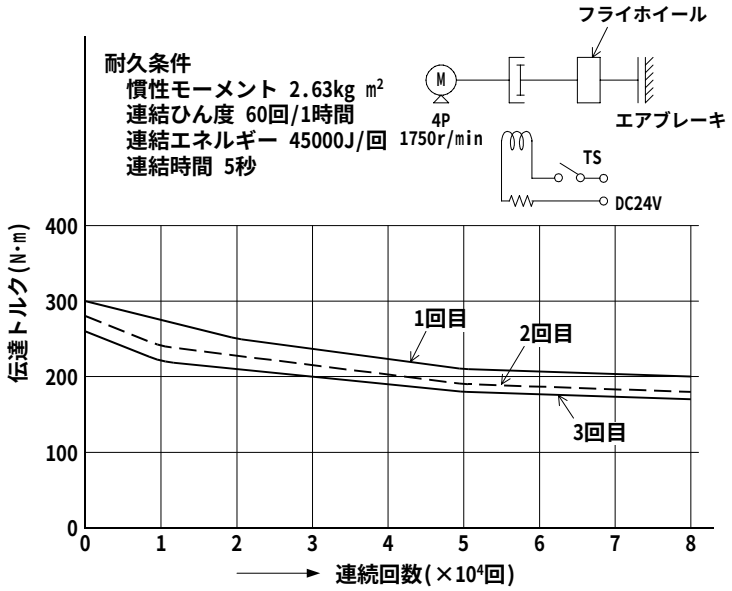


図2　ZKB-20BN形耐久テストトルク特性推移(測定例)

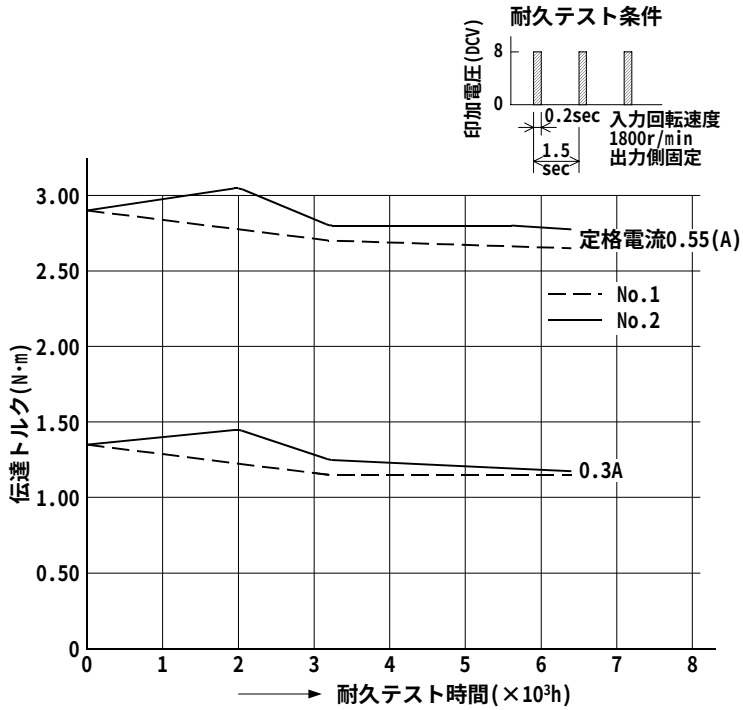


図3　ZKG-20AN形耐久テストトルク特性推移(測定例)

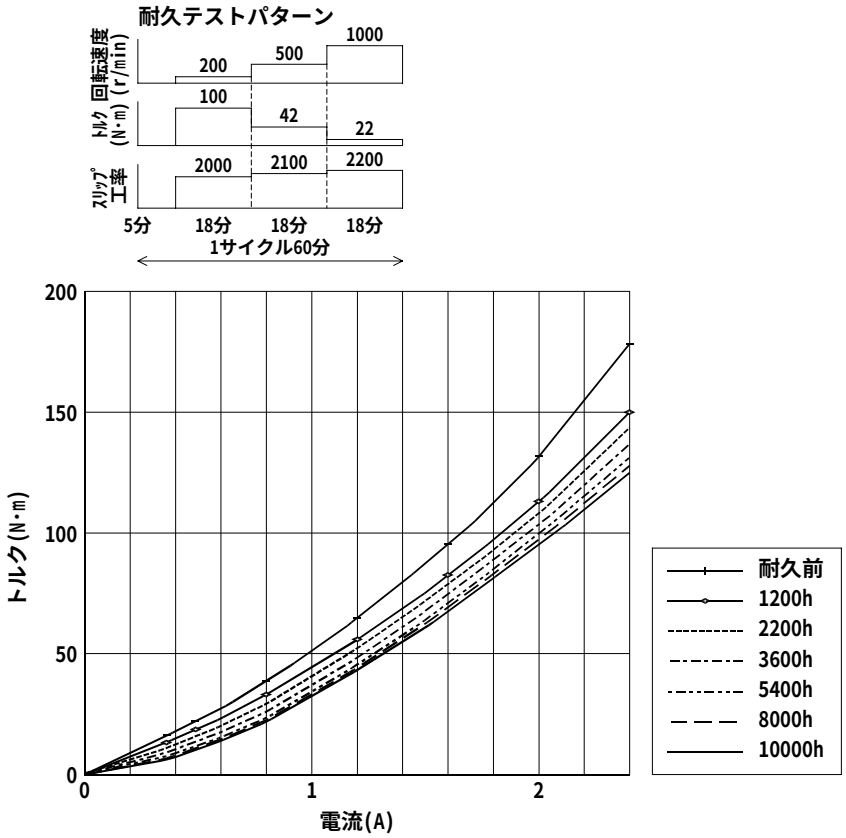


図4　ZKB-10HBN形パウダブレーキ耐久テスト結果電流対トルク特性（測定例）

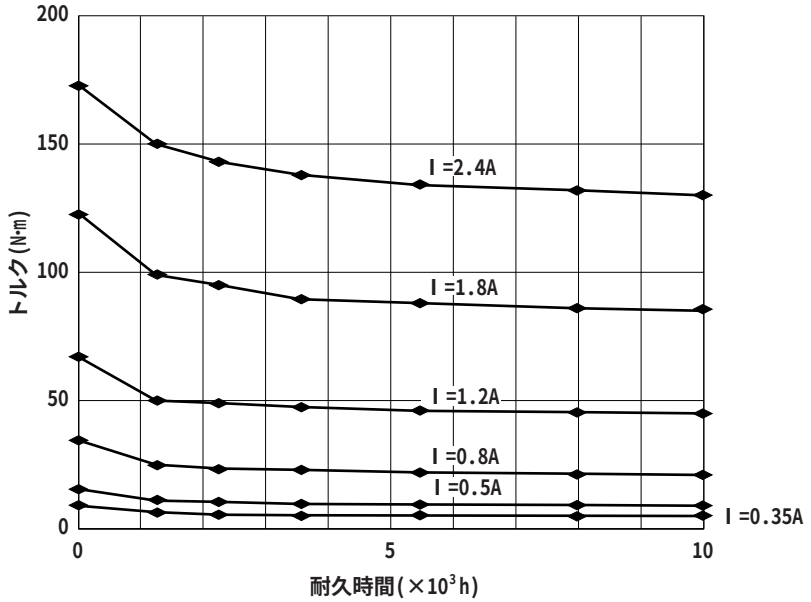


図5　ZKB-10HBN形パウダブレーキ耐久テストトルク推移（測定例）

図4,5はZKB-10HBN形パウダブレーキを使用して張力制御モードにて耐久テストした一例です。1,000～2,000時間でトルク低下が見られますが、その後は徐々に、低下します。このデータでは10,000時間後も定格トルクの130%あり、まだまだ使用できる結果となっています。

18.許容軸荷重について

パウダクラッチ・ブレーキの入力、出力の連結の際にプーリ等を使用する場合には、トルク伝達によって、軸に垂直方向のラジアル荷重Fが加わります。パウダクラッチ・ブレーキの製品内部にはベアリングを使用していますので、ベアリングの疲れ寿命からこのラジアル荷重Fの大きさを制限して使用する必要があります。(以下このラジアル荷重の許容値を許容軸荷重と呼びます)

ラジアル荷重Fは次式で計算します。

$$F=\frac{2T}{D}\times K \quad (N)$$

T: 伝達トルク(N・m)
D: プーリ径(m)
K: 荷重係数
(タイミングベルト1.5、V ベルト2.5、スプロケット1.5)

ベアリングの基本定格寿命の計算式は

$$L_h=500\times\frac{33.3}{n}\times\left(\frac{C}{F_0}\right)^3 \quad (h)\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

L_h:ベアリングの基本定格寿命(信頼度90%) (h)
C :基本動定格荷重 (N)
n :回転速度 (r/min)
F_0:ベアリングに加わるラジアル荷重 (N)

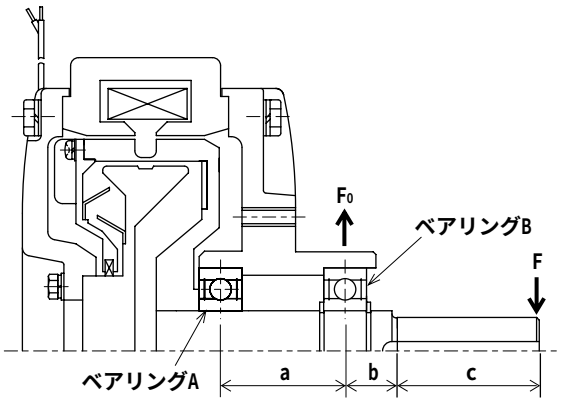
例としてZKB形パウダクラッチ・ブレーキについて計算します。ZKB形パウダクラッチ・ブレーキは図のようにベアリングA、Bの2個で(入力軸・出力軸とも同じ)シャフトを支承しています。シャフト端に荷重*F*が加わった場合、ベアリングBに加わる荷重F_0は、

$$F_0=F\times\frac{a+b+c}{a} \quad (N)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(1)(2)式より、軸端での許容軸荷重*F*は、

$$F=\frac{a}{a+b+c}\times\frac{C}{\sqrt[3]{\frac{L_h\times n}{500\times 33.3}}} \quad (N)\cdots\cdots\cdots(3)$$

荷重位置が、シャフト端ではない場合、(2)式、(3)式のcの長さを変更して計算します。



各機種での許容軸荷重を示します。

《全機種共通の注意点》

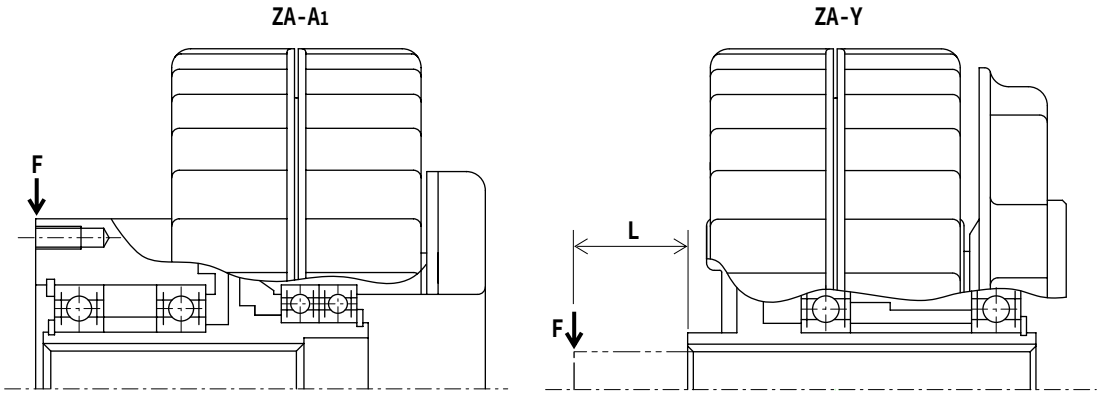
① 許容軸荷重は軸強度、ベアリング許容ラジアル荷重のいずれか小さいほうの値を表します。
② ベアリング荷重は寿命15,000時間を基準としています。
③ スラスト荷重は原則として受けることはできません。

18.1 ZKBシリーズ

形名	ベアリング サイズ	基本 動定格荷重 C(N)	軸方向寸法(mm)			許容軸荷重F(N)			
			a (mm)	b (mm)	c (mm)	300(r/min)	500(r/min)	1000(r/min)	1800(r/min)
ZKB-0.06	#6000	4550	14.5	10	22	140	140	125	120
ZKB-0.3	#6202	7650	19.5	11.5	22	280	280	245	240
ZKB-0.6	#6202	7650	19.5	13.5	26	330	330	260	215
ZKB-1.2	#6003	6000	30	13	29	360	325	255	210
ZKB-2.5	#6005	10100	31.5	14	44	550	460	365	300
ZKB-5	#6206	19500	45	16.5	56	975	975	770	635
ZKB-10	#6307	33500	58	20.5	65	2090	1760	1400	1150
ZKB-20	#6308	40500	67	25.5	69	2600	2190	1740	1430
ZKB-40	#6310	62000	80.5	28	92	3850	3240	2570	2120

ZKB形パウダクラッチは入力側も出力側も同じ構成になっていますので、入力側も出力側も許容軸荷重は同じです。
また、自然冷却、強制空冷、水冷と冷却方式が異なってもクラッチ・ブレーキとも同じトルクサイズのものは同じ許容軸荷重です。
荷重点はシャフト端面を基準にしています。

18.2 ZAシリーズ

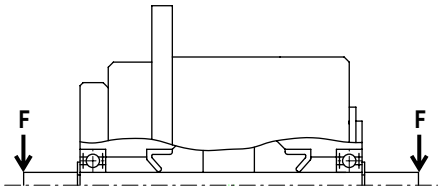


形名	L寸法(mm)	許容軸荷重F (N)			
		300(r/min)	500(r/min)	1000(r/min)	1800(r/min)
ZA-0.6A1	–	560	470	375	310
ZA-1.2A1	–	1080	910	720	590
ZA-2.5A1	–	1120	950	750	620
ZA-5A1	–	1790	1510	1190	980
ZA-10A1	–	1930	1630	1290	1060
ZA-20A1	–	4430	3740	2960	–
ZA-0.6Y	28	305	260	205	170
ZA-1.2Y1	32	340	290	230	185
ZA-2.5Y1	44.5	425	360	285	235
ZA-5Y1	58	880	760	600	500

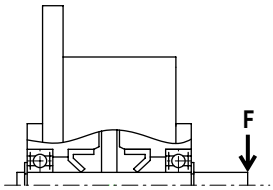
荷重作用点は図のFで示す位置を基準にしています。
荷重作用点がFの位置より外側にある場合は許容値が
小さくなりますので注意してください。
ZA-10Y1、ZA-20Y1、ZA-40Yは原則として直接プー
リ掛けができません。

18.3 ZKGシリーズ

ZKG-AN



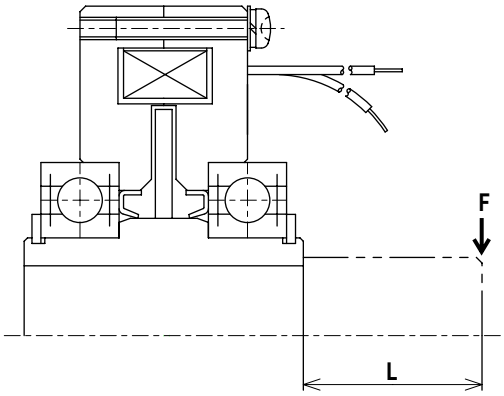
ZKG-YN



形名	許容軸荷重F(N)			
	300(r/min)	500(r/min)	1000(r/min)	1800(r/min)
ZKG-5AN	30	30	30	30
ZKG-10AN	75	75	75	75
ZKG-20AN	120	120	120	120
ZKG-50AN	210	210	210	210
ZKG-100AN	240	240	240	240
ZKG-5YN	30	30	30	30
ZKG-10YN	75	75	75	75
ZKG-20YN	120	120	120	120
ZKG-50YN	450	400	340	280

ZKG形パウダクラッチは両シャフトとも同じ構成になっていますので、許容軸荷重は同じです。
荷重点はシャフト端面を基準にしています。
荷重作用点がシャフト端面より外側にある場合は、許容値が小さくなりますので注意してください。

18.4 ZXシリーズ



形名	L(mm)	許容軸荷重F(N)		
		100(r/min)	200(r/min)	400(r/min)
ZX-0.3YN-24, 80	24	1000	795	630
ZX-0.6YN-24, 80	28	1305	1035	820
ZX-1.2YN-24, 80	32	1485	1180	935

荷重作用点は図のFで示す位置を基準にしています。
荷重作用点がFの位置より外側にある場合は許容値が
小さくなりますので注意してください。

19.パウダブレーキの公転使用

撚り線機に使用する場合のようにパウダブレーキ本体が公転し、遠心力がかかっている状態では、遠心力によってトルク特性に影響が出ます。したがって、このような用途に対しては次の点を考慮して使用してください。

19.1 取付方法

撚り線機にパウダブレーキを取り付ける方法として図1～2の2方法が考えられますが、図2の方法はパウダブレーキに軸方向の遠心力が加わりますので使用できません。

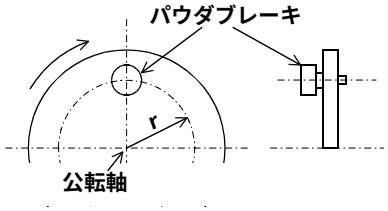


図1

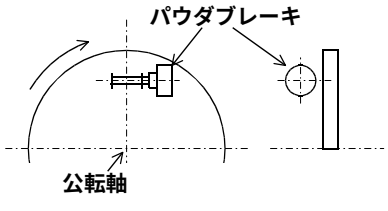


図2

19.2 許容遠心力

図1の方法であれば使用可能ですが、ブラケット強度などから軸方向の遠心力を制限して使用しなければなりません。各機種の許容遠心力は以下のようになりますので、遠心力が許容遠心力以下となるようにしてください。

(1) ZKG-5～50YN

許容遠心力：27（G）

(2) ZKB-0.06～0.6YN

許容遠心力：60（G）

(3) ZKB-1.2～5XN

形名	許容遠心力（G）
ZKB-1.2XN	25
ZKB-2.5XN	15
ZKB-5XN	12

(4) ZA-0.6Y～5Y1

形名	許容遠心力（G）
ZA-0.6Y	20
ZA-1.2Y1, 2.5Y1, 5Y1	15

また、遠心力がかかった場合の許容軸荷重についても次のとおり制限されます。

$$F2 \leqq \frac{F}{G}$$

$$G = \frac{r\omega^2}{9.8} = \frac{r}{9.8} \times \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2$$

F2 ：公転中の許容軸荷重（N）
F　：通常の許容軸荷重（N）
G　：遠心力（G）
ω ：角速度（rad）
r　：公転半径（m）
n　：回転速度（r/min）

※ 通常の許容軸荷重Fについては28, 29ページをご参照願います。

19.3 その他注意事項

(1) 性能面

励磁OFFの状態で遠心力を加えると、パウダが偏在して本来のトルク性能が得られません。

(2) 取付ボルト

ブレーキ本体を機械に取り付けるボルトは、原則としてJIS規格の強度区分8.8相当以上（材質S45C品、たとえば六角穴つきボルト）を使用してください。

20.水路部スケール除去について

当社で行ったスケール除去テスト結果を示しますので参考にしてください。

(1) テスト装置および試料

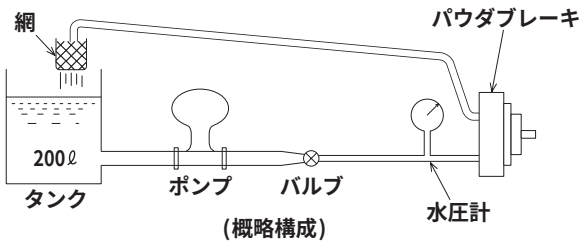
試　料　:ZKB-40WN形水冷式パウダブレーキ
　　(約３年使用品)※

水処理剤 :クリダインSP(栗田工業製)10%溶液
　　※ 酸化鉄主体のスケールが付着していた
　　もの

タンク　:約200ℓ

ポンプ　:LP-90F形循環ポンプ

水圧計　:20×10^{4}Pa計



(2) テスト結果

(a) 当社水源での水量

テスト前	1ℓ/min(10×10^{4}Pa時)
テスト後	15ℓ/min(6.5×10^{4}Pa時)

at約8×10^{4}Pa

(b) テスト装置での水量、水圧経緯

	テスト時間(h)				
	0	11	36	60	108
循環水量(ℓ/min)	1	3	10	14	15
水圧(Pa)	10×10^4	10×10^4	8×10^4	6.5×10^4	6.5×10^4

(3) まとめ

(a) スケールが剥離するまでに長時間を要していますが、スケール除去効果の大きい塩酸系統の洗浄液は腐食が進むので絶対に使用してはいけません。

(b) 本テストの試料はスケールが多量に付着していたので長時間を要したが、栗田工業のカタログによれば４～６時間で良いとのことです。

(c) クリダインＳＰはカルシウム系、酸化鉄系のスケールに有効です。泥状(スライム)のスケールについては不向きです。

21.低回転速度使用

パウダブレーキを低回転速度で使用する場合、内部のパウダの分布が不均一になり、本来の性能が得られません。通常15r/min以上での回転速度での使用(ZKB、ZKG、ZXは5r/min程度)を推奨していますが、機械の構成上、低回転速度での使用を避けられない場合は、次の点を考慮すれば改善されます。

パウダクラッチの場合は、巻取軸に連結した出力側の回転速度が低くても、十分なスリップ回転速度(入力と出力のスリップ回転速度差)となるように、入力側の回転速度を設定していれば、特に問題ありません。

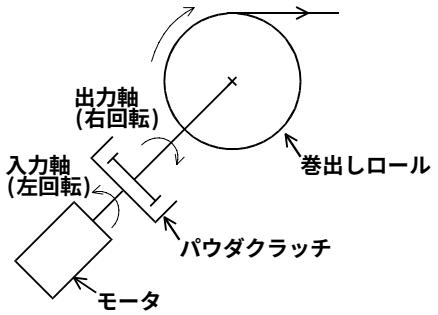
(1) パウダクラッチ逆転入力使用

パウダクラッチの出力側(または入力側)を巻出し軸に連結し、入力側(または出力側)に、ギヤードモータなどを連結し、巻出し軸の回転方向とは逆方向に常に回転させます。これにより十分なスリップ回転速度を確保でき、安定したトルク制御が可能になります。

クラッチの入力側、出力側の取付け方向に関しては、通常、回転速度が高くなる側にクラッチの入力側を連結します。

すなわち、ライン速度が遅く、常に巻出し軸の回転速度が低い場合は、クラッチの入力側をモータへ連結します。

一方、巻出し開始径が大きく、巻出し開始時に一時的に回転が遅くなるだけで、ほとんどの運転時間中は、十分なスリップ回転速度が得られるような場合は、出力側をモータに連結します。



(2) 弱励磁

空転時や機械が停止しているときにも、弱励磁(定格電流の5～10%程度の励磁電流を通電すること)を行うことにより内部のパウダを動作面に保持でき、再起動時のトルクの立ち上がり時間を短縮でき安定したトルク制御が可能になります。機械操作等に支障が無ければ、より高い電流で励磁していても問題ありません。

(3) カップリングの選定

負荷軸との連結に使用する弾性カップリングはチェーンカップリングなど弾性の低いものを使用してください。

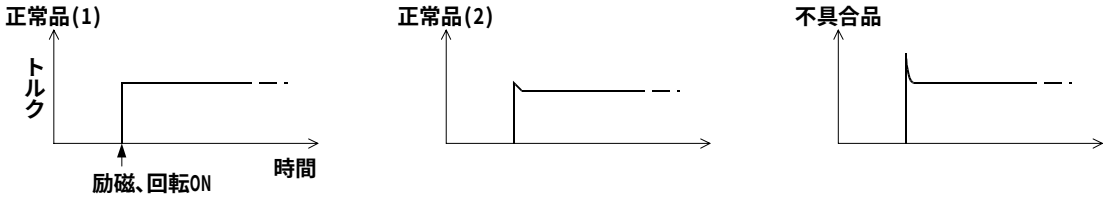
(ゴムカップリングのように弾性の高いタイプを使用すると、間欠的にトルクが伝達され、トルクむらとなる)

機械各部の剛性も高くしてください。

22.起動時の異常トルクについて

22.1 現象

巻取り、または巻出しの起動時にパウダクラッチ、またはブレーキのすべり始める瞬間に、設定値より高いトルク(起動時の引っかかり)を発生する場合があります。



22.2 原因と対策

		原因	対策
1	パウダの偏在	クラッチ内部でパウダが偏在している時にクラッチの励磁をONすると、パウダが偏在したまま固化し、その状態で回転するとパウダがこじられて設定値よりも高いトルクが発生します。通常、この値は設定トルクの数%以下ですが、パウダが水・油などで湿っている時、あるいはパウダの偏在が大きい時には大きくなることがあります。	①クラッチが回転を開始後、数秒後に励磁をONするようタイムラグを設ける。 ②クラッチの停止中および空転中も常時定格電流の約5～10%程度の弱励磁を行う。
2	急停止時の残留磁気	マシンをブレーキにて急停止をかける場合、ブレーキの動作面にパウダがぎっしりと詰まった状態のまま、回転が停止します。その状態から起動すると、急停止時のブレーキトルクが残っているため、一瞬高いトルクが生じることがあります。	ブレーキが回転を開始後、数秒後に励磁をONするようタイムラグを設ける。
3	ドライブメンバの熱収縮	高負荷で運転中に熱膨張していたドライブメンバが冷却時に収縮し、ドリブンメンバとの間(パウダギャップ)でパウダを噛み込むために生じるものです。運転停止後、翌朝に軸が回らないというような現象が生じる場合もあります。	①運転停止直後に軸を数回空転させておく。 ②万一、回らなくなった場合は、軸に取付けてあるカップリング等に鉛ハンマなどで軽くショックを与える。

＜共通事項＞

次の事項についても十分確認ください。

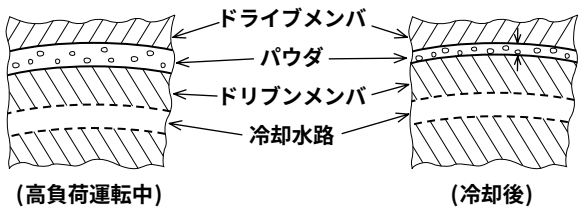
①ナラシ運転が十分に実施されているか？

②回転速度が低すぎないか？

③機械に過大な振動等がないか？

④ギヤボックスなどの油がクラッチ・ブレーキに浸入してないか？

⑤過冷却による結露はないか？(水冷式の機種の場合)



23.パウダクラッチ・ブレーキの騒音

パウダクラッチ・ブレーキは、摩擦板式クラッチ・ブレーキのような連結音・制動音は発生しません。しかし、パウダクラッチ・ブレーキも電磁力によるパウダを媒体とした摩擦式であるため、摩擦音が発生します。

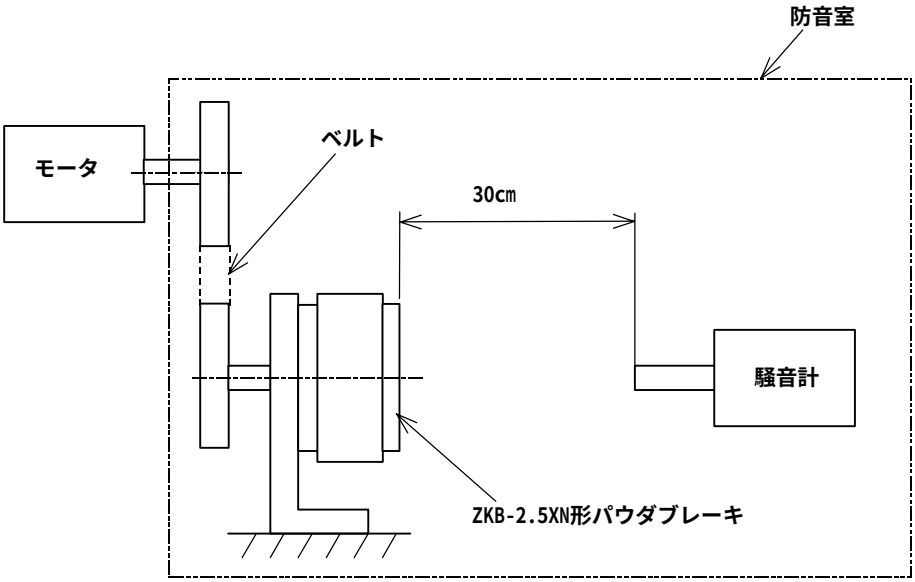
この摩擦音は、通常の機械では問題にならないレベルですが、モータの騒音測定など、静粛性が要求される場合には注意が必要です。

【 ZKB-2.5XN形パウダブレーキ騒音測定例 】

＜測定条件＞

回転速度 ：50r/min
電流値　 ：0.96A (定格トルク25N・m相当)
測定距離 ：30cm
暗騒音　 ：33.7dB
騒音A特性

＜構成＞



＜測定結果＞

励磁有り	50.3dB
励磁無し	36.4dB

(注) 上記データは測定例です。製品内部でのパウダの分布状態、機械とのマッチングなどの影響により、騒音値が大きくなることがあります。

24.輸出時の梱包要領

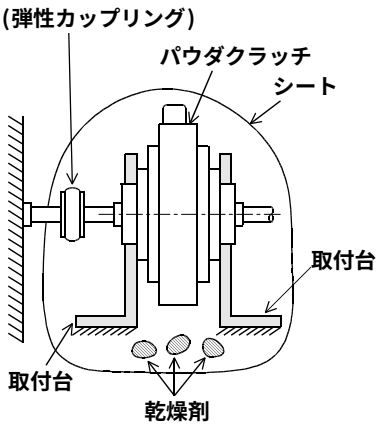
パウダクラッチが輸出機械などに取付けられ、熱帯を通過する場合は下記の例を参考に防湿対策を行ってください。

(1) 梱包要領

シート:ポリエチレンフィルム　0.15T

乾燥剤:

- 定格トルク12N･m以下品
  シリカゲル300g入袋×1個
- 定格トルク25～400N･m品
  シリカゲル300g入袋×5個



(a) 前図のようにポリエチレンシートを２重にしてパウダクラッチ部分を完全に密封します。

(b) 乾燥剤(シリカゲル)を内部に封入します。

(c) シートが破れないように網などでカバーをします。

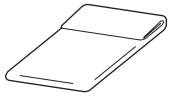
なお、機械装置全体が輸出梱包として真空包装されている場合は上記の限りではありません。

(2) パウダのみの輸送

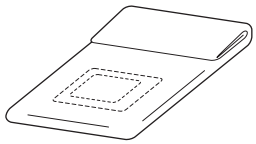
パウダのみを輸出する場合は、下記を参考に対策を行ってください。

①要領

(a) パウダをポリ袋に入れ、密封する。



(b) 上のように密封した袋を乾燥剤とともに２重のポリ袋に入れ、密封する。



(c) 上記後、ポリ袋が破れないよう、適当な容器に保管する。

(3) 乾燥剤の所要量

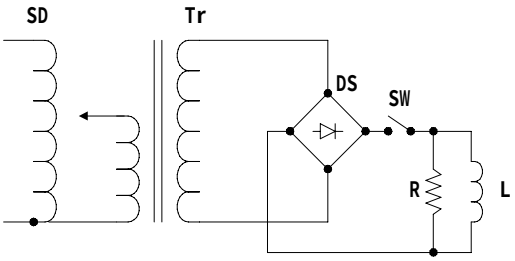
パウダ	乾燥剤
50gまで	100g
50～300g	200g
300～500g	300g
500g以上	パウダ500gを超えるごとに300gを追加

(4) 注意事項

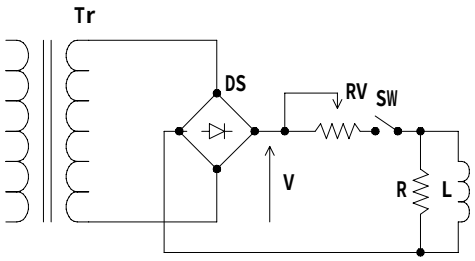
① 乾燥剤はシリカゲル、または相当品。
② 乾燥剤は3カ月に一度は取り替える。
③ ポリ袋は、厚さ0.15㎜以上。
④ ポリ袋はできるだけ表面積が少なくなるよう折りたたむ。

25.トルク調整回路例

連結装置にクラッチを使用する場合のように、一度トルクを設定すると、あとは変える必要のないような用途には、つぎのような簡単な電源装置を用いることができます。



(a)摺動電圧調整器方式



(b)直列抵抗方式

記号説明

DS　:ダイオードスタック
SD　:摺動電圧調整器
Tr　:トランス
SW　:スイッチ
L　:負荷(電磁クラッチ・ブレーキ)
R　:保護抵抗器
RV　:可変抵抗器
V　:電圧調整器出力電圧

選定

クラッチ・ブレーキの定格電圧がDC24Vで、かつ連続通電にて使用するときは下記基準で選びます。

1. 整流器、電流計

クラッチ・ブレーキ20℃(75℃)における定格電流の1.1倍(1.3倍)の電流に見合った整流器、電流計を選びます。

多数のクラッチ・ブレーキが同時使用される時は、その合成電流によります。

2. トランス

クラッチ・ブレーキの20℃(75℃)における定格励磁電力(W)の1.3倍(1.5倍)の容量(VA)をもったトランスを選びます。

多数のクラッチ・ブレーキが同時使用される時は、その合成電流によります。

3. 摺動電圧調整器

トランスの所要容量(VA)の1.1倍の容量をもった摺動電圧調整器を選びます。

4. 可変抵抗

抵抗値:下記式を目安に選びます。

(RV)

$$RV=R\left(\frac{V}{V_R}\times\frac{1.3T_R}{T_{min}}-1\right)$$

R　:クラッチ・ブレーキの75℃における抵抗値
V_R　:クラッチ・ブレーキの定格電圧
T_R　:クラッチ・ブレーキの定格トルク
T_{min}　:最低使用トルク
V　:電圧調整器出力電圧
定格電力　:クラッチ・ブレーキの20℃(75℃)における定格電流の2乗と可変抵抗の全抵抗(RV)の積の0.7倍(1倍)の定格電力のものを選びます。

5. 保護抵抗

抵抗値(R) : クラッチ・ブレーキの20℃(75℃)における抵抗値の約15倍(13倍)の抵抗値のものを選びます。

定格電力 : 抵抗値 (R) の逆数を 2500 倍した値の定格電力のものを選びます。

$$\cdots\cdots \quad \frac{1}{R} \times 2500$$

26.バリスタの選定

クラッチ・ブレーキの励磁を遮断すると、端子間にはサージ電圧が発生します。バリスタは、規定以上の電圧が印加されると急激に抵抗値が低下する性質があり、この性質を利用して、サージ電圧をバリスタで熱に変換して消費し、回路を保護します。

【 バリスタの選定計算 】

$Vp=V\times1.414$

$P=\frac{1}{2}\times L\times I^2$

Vp：ピーク電圧(V)
P　：エネルギー耐量(J)
V　：コイル電圧(V)
L　：コイルインダクタンス(H)
I　：励磁電流(A)

(計算例)　ZKB-5BNの場合

V=24(V)
I=2.15(A)
L=3.5(H)
$Vp=24\times1.414=33.9$(V)
$P=\frac{1}{2}\times3.5\times2.15^2=8.1$(J)

上記より、バリスタ電圧が33.9V以上、エネルギー耐量が8.1(J)以上のものを選びます。(選定例:Z10D121)
また、表1より簡易的に選定することもできます。

表1 バリスタ簡易選定表(メーカ:石塚電子)

励磁電流	バリスタ	バリスタ電圧(V)	エネルギー耐量(J)
1A以下	Z5D121	120(108～132)	3.5
2A以下	Z7D121		7.0
3A以下	Z10D121		14.5
4A以下	Z15D121		30.0

※1:上記は10(回/分)程度のON/OFFを想定しています。高ひん度の場合は余裕をみて大きな容量のものを選定してください。
(詳しくは、メーカにお問合せください)
※2:この表は機能を保証するものではありません。使用に際しては十分に確認試験を行ってください。

27.パウダクラッチ・ブレーキの選定要領

27.1 概要

パウダクラッチ・ブレーキを選定する際には、使用するトルク・回転速度・スリップ工率(発熱量)を計算し、すべてが許容値内であることを確認する必要があります。
各項目について選定方法、注意点を説明します。

(1) トルク

使用するトルクの最大値、最小値を計算し、制御可能な範囲に入っているか確認する必要があります。パウダクラッチ・ブレーキのトルク制御可能な範囲は、定格トルクから製品の空転トルク※の範囲まで(定格トルクの2～100%)です。
(※空転トルク:製品内部のベアリングやシールのロストルクがあるため、励磁電流を0Aにしても、トルクは0N・mにはなりません。この空転トルクは通常定格トルクの2%程度ですが、製品によって異なります。実際の選定にあたってはカタログで確認してください。)

(2) 回転速度

最高回転速度はパウダクラッチ・ブレーキともに許容回転速度以下とする必要があります。また、パウダブレーキの場合は最低回転速度を15r/min以上、パウダクラッチの場合は入力と出力の回転速度差を15r/min以上にする必要があります。(すなわち、パウダクラッチもパウダブレーキもスリップ回転速度が15r/min以上必要ということです。)
スリップ回転速度が低いと内部のパウダの分布が悪くなり、安定したトルク性能が得られなかったり、起動時に所定のトルクになるまでの時間が長くなったりします。
なお、ZKB、ZKG、ZX形パウダクラッチ・ブレーキは5r/min程度のスリップ回転速度から使用できます。

(3) スリップ工率(発熱量)

パウダクラッチ・ブレーキは通常、連続スリップ状態で使用するため、スリップ熱によってパウダクラッチ・ブレーキ本体の温度が上昇します。この温度の上昇値は使用部品の耐熱温度によって制限され、機種ごとに許容連続スリップ工率(発熱量の許容値)を規定しています。したがって、これらの許容値以下の条件で運転すれば、パウダクラッチ・ブレーキを長時間安定した状態で使用することができます。逆に、この許容連続スリップ工率を超えて使用した場合には、パウダクラッチ・ブレーキが破損してしまう恐れがあるので注意が必要です。

スリップ工率(発熱量)P(W)は、次式で計算します。

$P=0.105\times T\times Nr$ (W)

T :トルク(N・m)
Nr :パウダクラッチ・ブレーキのスリップ回転速度(r/min)
(パウダクラッチの場合は入力回転速度と出力回転速度のスリップ差で、パウダブレーキの場合は入力回転速度です。)

各機種の許容回転速度、定格トルク、許容連続スリップ工率については、カタログに記載していますので参照してください。

27.2 張力制御用として使用する場合

(1) 機械仕様と選定計算

張力制御用として使用する場合のパウダクラッチ・ブレーキの容量選定フローを図1に示します。
パウダクラッチ・ブレーキの機種を選定する際には、①トルク②回転速度③スリップ工率(スリップによる発熱量)の3点を考慮する必要があります。これらは、機械仕様(張力、ライン速度、巻径またはロール径)から計算します。

①トルクT

$$T = F \times \frac{D}{2} \quad (N \cdot m) \cdots\cdots (1)$$

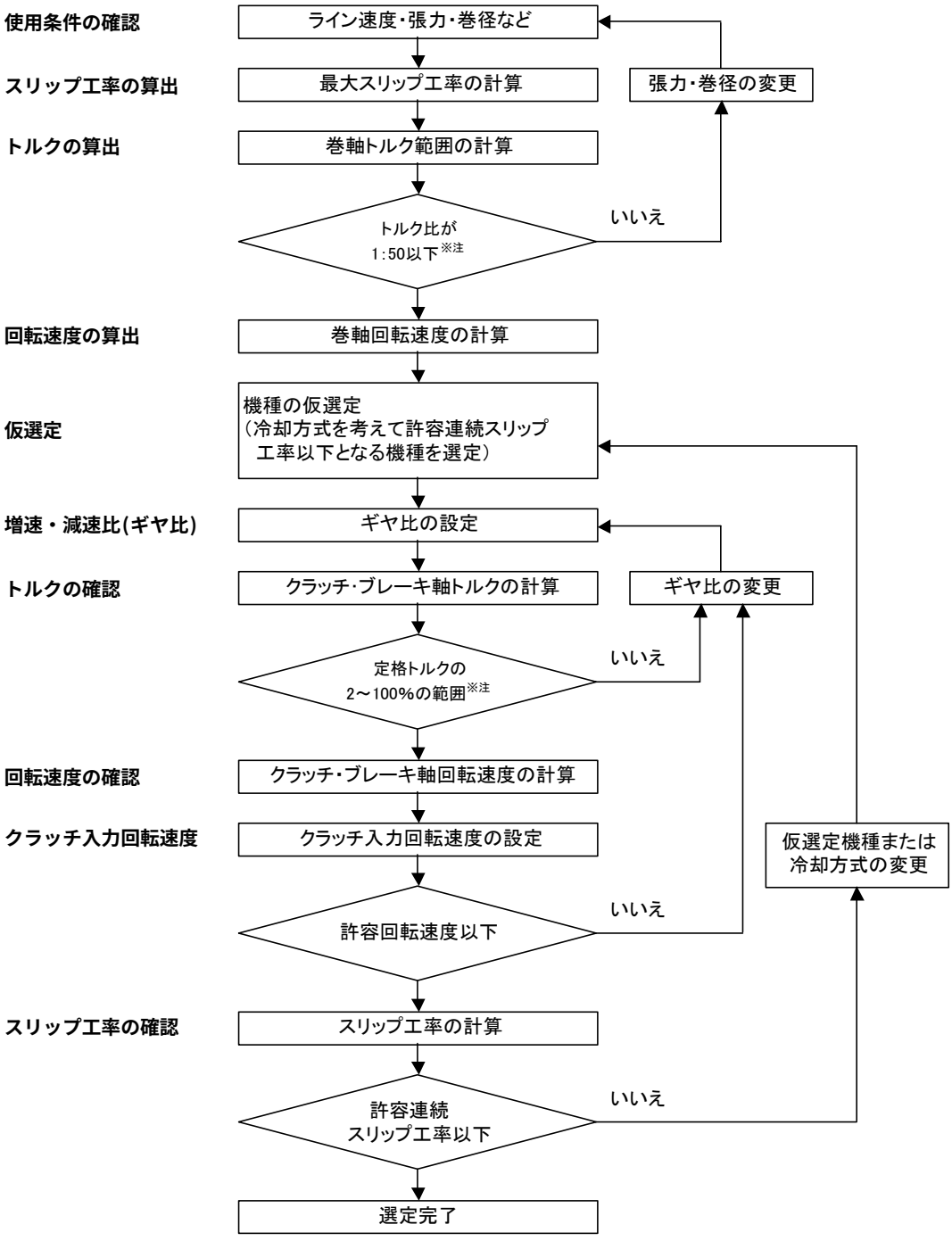
②回転速度N

$$N = \frac{V}{\pi \times D} \quad (r/min) \cdots\cdots (2)$$

③スリップ工率(発熱量)P

$$P = 0.105 \times T \times Nr \ (W) \cdots\cdots (3)$$

F ：張力(N)
V ：ライン速度(m/min)
D ：原反巻直径またはロール直径(m)
Nr：パウダクラッチ・ブレーキのスリップ回転速度(r/min)
(パウダクラッチの場合は入力回転速度と出力回転速度のスリップ差で、パウダブレーキの場合は入力回転速度となります。)



※注　トルク制御可能範囲は機種によって異なります。詳細はカタログ等で確認してください。

図1　パウダクラッチ・ブレーキ選定フローチャート

巻出し用パウダブレーキの場合

巻出軸にパウダブレーキを直結(ギヤ比=1)する場合、スリップ回転速度Nrは、

Nr =(パウダブレーキの入力回転速度)
　=(巻出軸の回転速度N)

となるため、スリップ工率(発熱量)の計算式(3)は、

$$P=0.105\times T\times Nr$$
$$=0.105\times\left(F\times\frac{D}{2}\right)\times\left(\frac{V}{\pi\times D}\right)$$
$$=0.0167\times F\times V \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

となり、スリップ工率(発熱量)は機械の張力、ライン速度によって決定され、巻径には影響されないことがわかります。

巻取り用パウダクラッチの場合

巻取軸にパウダブレーキを直結(ギヤ比=1)する場合、スリップ回転速度Nrは

Nr =(パウダクラッチの入力回転速度N_{input})
　　−(巻取軸の回転速度N)

となります。通常、パウダクラッチの入力回転速度は巻取軸の最高回転速度より15r/min以上の一定回転速度に設定します。そのため、巻径(巻取軸の回転速度)の変化により、スリップ工率(発熱量)も変化するため、次の式で、運転中の最大スリップ工率を計算します。

$$P_{max}=0.105\times T_{max}\times Nr_{max}$$
$$=0.105\times T_{max}\times(N_{input}-N_{min}) \quad \cdots\cdots\cdots (5)$$

P_{max} :最大スリップ工率(W)
T_{max} :最大トルク(N・m)
Nr_{max} :最大スリップ回転速度(r/min)
N_{input} :クラッチ入力回転速度(r/min)
N_{min} :クラッチ出力軸最低回転速度(r/min)

通常、トルクとスリップ回転速度は巻取り終了直前(原反の直径が最大の時)に最大となり、このときのスリップ工率(発熱量)が最大となります。(注意:巻取りでテーパーテンション制御を行う場合、巻取り開始時の張力に比べ、巻取り終了時の張力が大きく減少するときには、巻取り終了時ではなく、巻取り途中にスリップ工率が最大になる場合もあります。)

通常、同じ機械でも巻出し用のパウダブレーキよりも巻取り用のパウダクラッチのほうがスリップ工率(発熱量)は大きくなり、トルクサイズを大きくしたり、冷却方式を変更したりして、許容連続スリップ工率の大きい機種を選定する必要があります。

これらの計算結果をもとに、図1のフローでパウダクラッチ・ブレーキの選定を行います。

(2) 選定のポイント・注意点

特に張力制御用として使用する際の注意事項を以下に挙げます。

(a) トルク

制御可能な範囲は定格トルクの約2～100%(空転トルク～定格トルク)※の範囲ですが、できるだけ定格トルクに近い領域で使用したほうが制御性は優れます。特に、制御装置が巻径検出式や手動式などのオープンループ方式の場合には、励磁電流－トルク特性の直線性の良い5～100%の範囲での使用を推奨します。

※ 空転トルクは機種によって異なりますので、実際の選定の際にはカタログを参照してください。

(b) 回転速度

制御性を考慮して、スリップ回転速度は15r/min以上確保する必要あります。

ライン速度の遅い機械でも、巻取り側のパウダクラッチでは、入力回転速度を高く設定し、15r/min以上のスリップ回転速度が確保できれば問題ありません。

しかし、ライン速度の遅い機械の巻出し側でパウダブレーキを使用すると、パウダブレーキの回転速度(＝スリップ回転速度)は機械仕様で決定されるため、15r/min以上のスリップ回転速度を確保できなくなります。この場合、パウダブレーキではなく、パウダクラッチを使用し、巻出軸回転方向と逆方向へギヤードモータなどで回転を与え、スリップ回転速度を確保する方法があります。(一般的には「逆転入力使用」と呼びます。34ページ参照)

常に逆回転を与えておけば、材料の送りが停止しているときでも張力制御が可能です。停止時の材料のたるみ防止等が可能になります。

(ZKB, ZKG, ZX形パウダクラッチ・ブレーキは5r/min程度の回転速度から使用できます。)

(3) 張力制御用パウダクラッチ・ブレーキの選定計算例

巻出し側パウダブレーキ(1)

次のような仕様のフィルム巻取機で巻出し側ブレーキとしてどのようなパウダブレーキを使用すればよいか。

(1)仕様

ライン速度	V	:170m/min一定
張力	F	:100N一定
巻出しロール径	D_1	:660mm
	D_2	:110mm

(2)計算

①トルク

張力100Nのときの巻出し初めと終わりの所要ブレーキトルクをT_1、T_2とすると

$$T_1=\frac{D_1}{2}\times F=\frac{660\times10^{-3}}{2}\times100=33N\cdot m$$

$$T_2=\frac{D_2}{2}\times F=\frac{110\times10^{-3}}{2}\times100=5.5N\cdot m$$

②回転速度

ライン速度170m/minのときの巻出し初めと終わりのブレーキのスリップ回転速度をN_1、N_2とすると

$$N_1=\frac{V}{\pi D_1}=\frac{170}{\pi\times660\times10^{-3}}=82r/min$$

$$N_2=\frac{V}{\pi D_2}=\frac{170}{\pi\times110\times10^{-3}}=492r/min$$

③スリップ工率

スリップ工率Pは

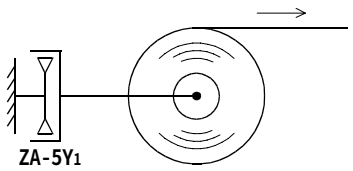
$$P=0.105\times T\times Nr=0.105\times\frac{DF}{2}\times\frac{V}{\pi D}$$
$$=0.0167\times F\times V=0.0167\times100\times170$$
$$=284W$$

このように一定ライン速度、一定張力の場合の巻出し側ブレーキの連続スリップ工率は一定となります。

④選定

トルク(T_1、T_2)、スリップ工率(P)からZA-5Y_1形(定格トルク50N・m、入力回転速度82r/minでの許容連続スリップ工率約290W)が自然冷却で使用可能。

なお、巻出し軸とブレーキ軸は直結、トルク使用範囲は定格の66～11%。



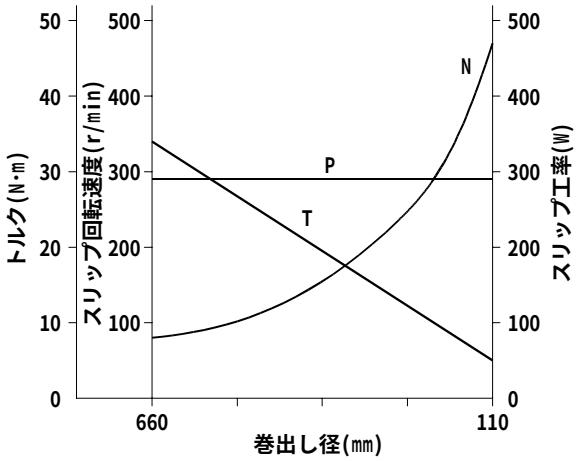


図1　巻出し径対トルクなどの特性

<参考>

自然冷却時の許容連続スリップ工率は、ブレーキの回転速度によって変化するので、許容値の小さい低回転時(N_1)において使用可否を決めてください。

巻出し側パウダブレーキ（2）

次の仕様の紙のコーティング機の巻出し側ブレーキとしてどのようなパウダブレーキを使用すればよいか。

(1)仕様

ライン速度　　V　:100～250m/min
張力　　F　:150～300N
巻出しロール径　　D_1 :900mm
　　D_2 :110mm

(2)計算

①トルク

張力150～340Nのときの巻出し初めと終わりの所要ブレーキトルクをT_1、T_2とすると

$$T_1=\frac{D_1}{2}\times F=\frac{900\times10^{-3}}{2}\times(150\sim300)$$
$$=67.5\sim135\text{N}\cdot\text{m}$$
$$T_2=\frac{D_2}{2}\times F=\frac{110\times10^{-3}}{2}\times(150\sim300)$$
$$=8.25\sim16.5\text{N}\cdot\text{m}$$

②回転速度

ライン速度100～250m/minのときの巻出し初めのスリップ回転速度N_1、巻出し終わりのスリップ回転速度N_2とすると

$$N_1=\frac{V}{\pi D_1}=\frac{100\sim250}{\pi\times900\times10^{-3}}=35\sim88\text{r/min}$$
$$N_2=\frac{V}{\pi D_2}=\frac{100\sim250}{\pi\times110\times10^{-3}}=290\sim724\text{r/min}$$

③スリップ工率

最大ライン速度と最大張力について求めると

$$P=0.105\times T\times Nr=0.0167\times F\times V=1{,}253\text{W}$$

以上の計算結果より、トルク容量、スリップ工率を考慮して、次のブレーキが使用可能です。

強制空冷：ZKB-20XN(定格トルク200N・m、許容連続スリップ工率1,400W)を直結で使用可能。

水冷　　：ZKB-10WN(定格トルク100N・m、許容連続スリップ工率2,800W)
ただし、直結で使用するとトルク容量が不足するので、巻出し軸に対し2倍に増速したところで使用します。また、スリップ工率が許容値の約半分ですので23ページを参照し、水量を減らしてください。

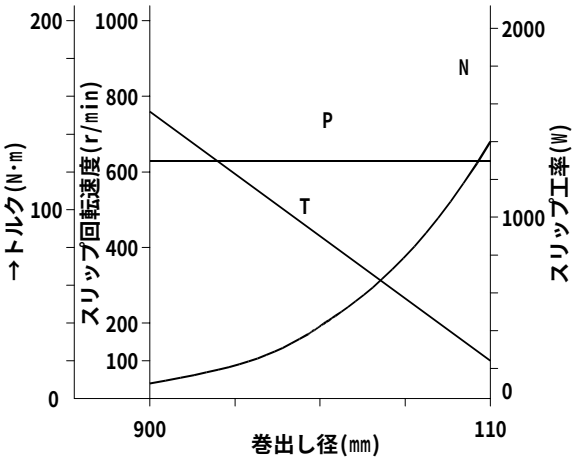


図1　巻出し径対トルクなどの特性

巻出し側パウダブレーキ（3）

次にトルク制御範囲が広い場合に張力に応じてギヤ比を変える例を示します。

(1)仕様

ライン速度　　V:100m/min一定
張力　　F:130～520N
巻出しロール径　D:100mm～900mm
手動制御とする

(2)計算

① 前例と同様に巻出し軸のトルク (T)、回転速度 (N)、スリップ工率(P)を求めます。

$$T=\frac{D}{2}\times F=\frac{(0.1\sim0.9)}{2}\times(130\sim520)$$
$$=6.5\sim234\text{N}\cdot\text{m}$$
$$N=\frac{V}{\pi D}=\frac{100}{\pi\times(0.1\sim0.9)}$$
$$=35.4\sim318\text{r/min}$$
$$P=0.0167\times F\times V=868\text{W(最大)}$$

以上の計算からZKB-10HBN形(サーモブロック冷却式)を使用します。

② ここで、上で求めたトルクは234N・mを100%とすると6.5N・mは2.8%で、手動制御の場合の制御範囲(5～100%)外となります。
よって張力に応じてギヤ比を変え、適切なトルク範囲にする必要があります。
なお、張力の分岐値(Fm)は次式で求めます。

$$Fm=\sqrt{\text{張力比}}\times Fmin$$
$$=\sqrt{\frac{520}{130}}\times130=260$$

③ 張力　130～260Nの場合
巻出軸

$$Tbo=\frac{(0.1\sim0.9)}{2}\times(130\sim260)$$
$$=6.5\sim117\text{N}\cdot\text{m}$$
$$Nbo=N=35.4\sim318\text{r/min}$$

ブレーキ軸(1.17倍増速とする)

$$Tbr=Tbo\times\frac{1}{1.17}=5.6\sim100\text{N}\cdot\text{m}$$
$$(5.6\sim100\%)$$
$$Nbr=Nbo\times1.17=41.4\sim372\text{r/min}$$
$$P=0.0167\times F\times V=434\text{W(最大)}$$

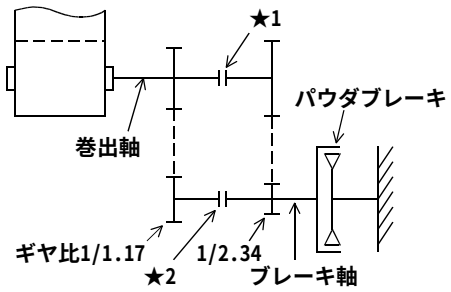
④ 張力　260～520Nの場合も同様に計算し、
巻出軸

$$Tbo=13\sim234\text{N}\cdot\text{m}$$
$$Nbo=35.4\sim318\text{r/min}$$

ブレーキ軸(2.34倍増速とする)

$$Tbr=5.6\sim100\text{N}\cdot\text{m}$$
$$Nbr=82.8\sim744\text{r/min}$$
$$P=868\text{W(最大)}$$

⑤ 構成例



注1. 増速比 1.17、2.34 倍はそれぞれの最大トルクを100%とするための比です。

注2. 増速比 (減速比) を大きくとるための噛合い段数を多くすると伝達効率が低下し、正確なトルク制御が困難となりますので、段数は1段に設定してください。

★1、★2は電磁クラッチなどとし、
F＝130～260Nの時
★1：OFF　★2：ON→ギヤ比$\frac{1}{1.17}$となる
F＝260～520Nの時
★1：ON　★2：OFF→ギヤ比$\frac{1}{2.34}$となる

巻取り側パウダクラッチ(1)

(1)仕様

ライン速度　　V　:120m/min一定

張力　　F　:180N一定

巻取りロール径 D_1 :90mm

D_2 :540mm

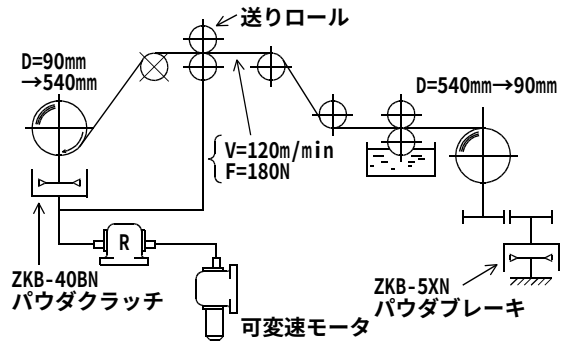


図1　構成図

(2)計算

①トルク

張力180Nのときの巻取り初めと終わりの所要クラッチトルクをT_1、T_2とすると

$$T_1=\frac{D_1}{2}\times F=\frac{90\times10^{-3}}{2}\times180=8.1\text{N·m}$$

$$T_2=\frac{D_2}{2}\times F=\frac{540\times10^{-3}}{2}\times180=48.6\text{N·m}$$

②回転速度

ライン速度120m/minのときの巻取り軸の初めと終わりの回転速度をN_1、N_2とすると(N_1、N_2はスリップ回転速度でなく巻取軸の回転速度です。)

$$N_1=\frac{V}{\pi D_1}=\frac{120}{\pi\times90\times10^{-3}}=425\text{r/min}$$

$$N_2=\frac{V}{\pi D_2}=\frac{120}{\pi\times540\times10^{-3}}=71\text{r/min}$$

③スリップ工率

巻取軸の巻き初めに必要な回転速度N_1よりクラッチの入力回転速度N_0※を15r/min高くすると、巻き初めおよび巻き終わりのときのクラッチのスリップ工率P_1、P_2とすると

$P_1=0.105\times(440-425)\times8.1=12.8\text{W}$

$P_2=0.105\times(440-71)\times48.6=1{,}883\text{W}$

このように定張力の巻取り用クラッチとして使用する場合にはスリップ回転速度、巻取り所要トルクとも巻き終わり時において最大となります。したがって、スリップ工率も巻き終わり時に最大となるので、クラッチの熱容量は巻取りの最終状態で決定しなければなりません。

以上の計算結果より、形名を選定すると次のようになります。

強制空冷式:　ZKB-40BN(定格トルク400N・m、許容連続スリップ工率2,800W)が使用可能。ただし、巻取軸に直結で使用すると巻き初め時には定格トルクの5%以下のトルクとなるので、自動制御としてください。

なお、巻出し側も合わせて検討すると次のようになります。

$$\begin{cases}N_1=425\text{r/min}\\N_2=71\text{r/min}\end{cases}\qquad\begin{cases}T_1=8.1\text{N·m}\\T_2=48.6\text{N·m}\end{cases}$$

は巻取りと同じであり、

スリップ工率Pは

$P=0.105\times T_1\times N_1\times=0.105\times T_2\times N_2$

$=0.0167\times F\times V=361\text{W}$

以上の結果により

自然冷却：ZKB-20XN(定格トルク200N・m、許容連続スリップ工率71r/min近辺で約380W)が使用可能。

強制空冷：ZKB-5XN(定格トルク50N・m、許容連続スリップ工率700W)が使用可能。

以上の計算結果からも明らかなように、巻取り用クラッチと巻出し用ブレーキではトルク使用範囲、スリップ回転速度は大差はありませんが、スリップ工率が大幅に異なるため、選定機種が変わることに注意してください。巻出し側は巻比(最小径と最大径の比)に関係なくスリップ工率が一定となりますが、巻取り側は巻比にほぼ比例してスリップ工率が大きくなります。

※ クラッチ入力回転速度 No は、15r/min だけ大きくしましたが、普通は10%ぐらい大きくします。
ブレーキについては、ZA-5Y_1のブロワ冷却も使用できます。

ピンチロール駆動用パウダクラッチ

(1)仕様

ロール径　D: 200mm

ライン速度　V: 45～90m/min

張力　F : 100～350N

合板に化粧シートをはり合わせるとき、送りロールAに対しピンチロールBは、ピンチ圧導によるゴムロール径の変化により周速に差が生じ、この収束差によってBロールがスリップ気味になるのを防ぐ意味でBロールの駆動系にパウダクラッチを入れ、クラッチでスリップさせます。

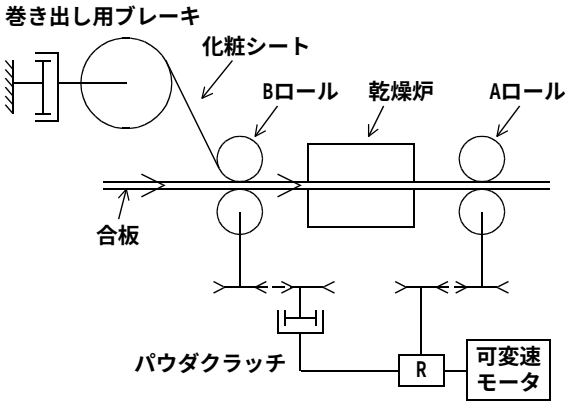


図1　構成図

(2)計算

①Bロール回転速度

$$N=\frac{V}{\pi D}=\frac{45\sim90}{\pi\times200\times10^{-3}}=72\sim144\text{r/min}$$

②ロールの駆動トルク

$$T=\frac{D}{2}\times F=\frac{200\times10^{-3}}{2}\times(100\sim350)$$

$$=10\sim35\text{N}\cdot\text{m}$$

③スリップ工率

ライン速度45m/minのときにスリップ回転速度が15r/minとなるようにクラッチの入力回転速度を決めると最大スリップ工率は次のようになります。

90m/minのときのクラッチの入力回転速度N_0は

$$N_0=144\times\left(\frac{72+15}{72}\right)\fallingdotseq144\times1.2=173\text{r/min}$$

$$P=0.105\times(173-144)\times35=107\text{W}$$

以上の計算結果からZA-2.5A1(定格トルク25N・m、200r/minでのスリップ工率240W)をBロール軸から2倍に増速したところで使用する。

この場合、トルクの使用範囲は5～17.5N・mとなりクラッチの入力回転速度はN_0'は

$$N_0'=288\times\left(\frac{144+15}{144}\right)\fallingdotseq318\text{r/min}$$

で十分です。

このときのスリップ工率は

$$P=0.105\times(318-288)\times17.5=55\text{W}$$

となります。

巻取り側パウダクラッチの定スリップ制御

各種巻取機の張力制御用にパウダクラッチが多く使用されますが､運転時の発熱がパウダクラッチの許容連続スリップ工率以上になって､最適な機種が選定できない例(たとえば図3の場合)がしばしばあります。
このような場合にはインバータおよびLE-40MTB＋LE-40MD またはLD-FX 形張力制御装置を用い､クラッチの入力回転速度を下げることによって､スリップ工率を減少させる方法(図４の場合)について述べます｡この方式はLE-40MDまたは､LD-FX形張力制御装置の速度出力信号でインバータを制御し､巻太りとともにクラッチ入力回転速度を漸減し､定スリップ制御するものです｡構成例として巻径検出による半自動張力制御例を図１に示します｡また､張力検出器を用いた全自動張力制御例を図2に示します。

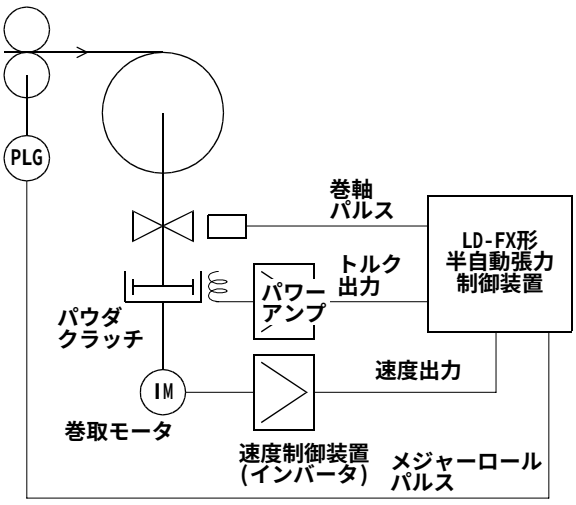


図1　構成例(半自動張力制御)

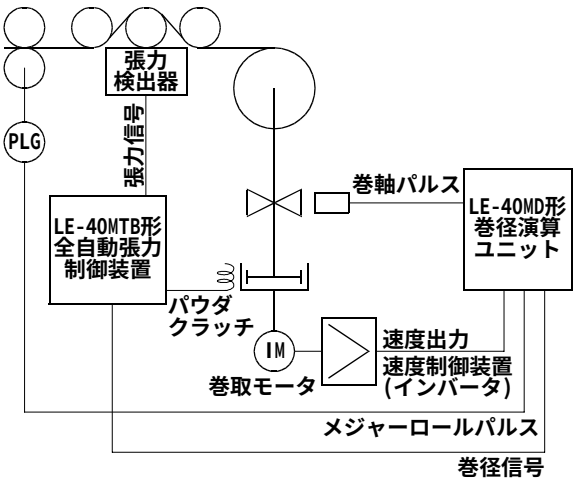


図2　構成例(全自動張力制御)

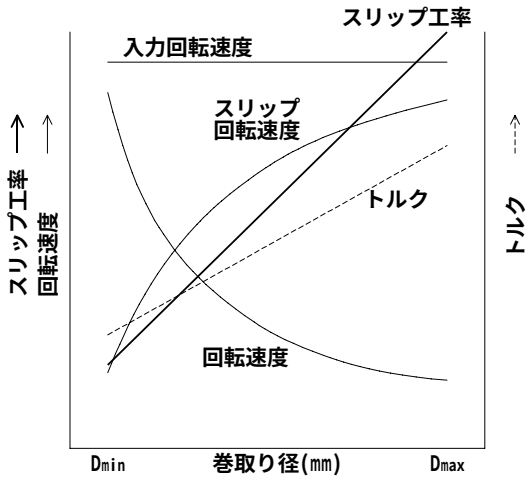


図3　動作説明図(入力回転速度が固定時)

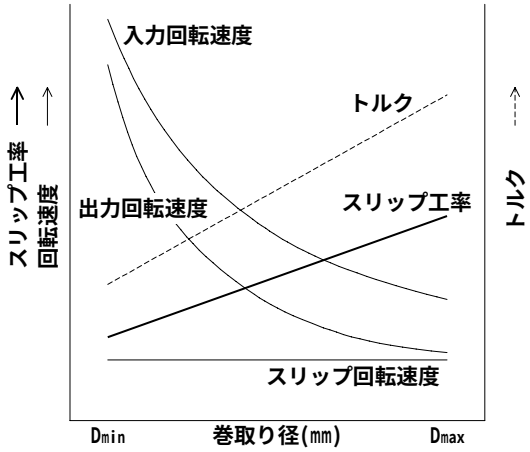


図4　動作説明図(定スリップ制御時)

(1)仕様(「巻取り側パウダクラッチ(1)」と同一仕様)

ライン速度　　V　:120m/min一定
張力　　F　:180N一定
巻取りロール径　　D_1 :90mm
　　D_2:540mm

を構成例 図1または図2とした場合下記のようになります。

(2)計算

①トルク

張力180Nのときの巻取り初めと終わりの所要クラッチトルクをT_1、T_2とした場合、「巻取り側パウダクラッチ(1)」と同じく

$$T_1=\frac{D_1}{2}\times F=\frac{90\times10^{-3}}{2}\times180=8.1\text{N}\cdot\text{m}$$

$$T_2=\frac{D_2}{2}\times F=\frac{540\times10^{-3}}{2}\times180=48.6\text{N}\cdot\text{m}$$

②回転速度

ライン速度120m/minのときの巻取軸の初めと終わりの回転速度をN_1、N_2も「巻取り側パウダクラッチ(1)」と同じく

$$N_1=\frac{V}{\pi D_2}=\frac{120}{\pi\times90\times10^{-3}}=425\text{r/min}$$

$$N_2=\frac{V}{\pi D_2}=\frac{120}{\pi\times540\times10^{-3}}=71\text{r/min}$$

③スリップ工率

巻取軸の巻き初めに必要な回転速度N_1よりクラッチの入力回転速度N_0を15r/min高くなるようにLE-40MTB＋LE-40MDまたは、LD-FX形張力制御装置にてインバータを制御したとき、巻き初めおよび巻き終わりのときのクラッチのスリップ工率P_1、P_2とすると

$P_1=0.105\times15\times8.1=12.8\text{W}$
$P_2=0.105\times15\times48.6=76.5\text{W}$

このように入力回転速度を固定で計算した結果のスリップ工率1883W(巻取り側パウダクラッチ(1))と比較した場合

76.5W/1883W＝0.04＝4%

以上のようにスリップ工率は約4%に軽減され、パウダクラッチの選定を行うと

自然冷却式：ZKB-5BN
(定格トルク50N･m、許容連続スリップ工率71＋15＝86r/min近辺で260W)が使用可能となる。

また、使用最少トルクが8.1/50＝16.2%≧5%となり半自動張力制御、全自動張力制御とも可能である。

以上の計算結果からも明らかなようにパウダクラッチを巻取り側に使う場合、LE-40MTB＋LE-40MDまたは、LD-FX形張力制御装置で巻取軸のインバータを制御することにより

- 固定入力回転速度では選定できない場合で、選定可能となる場合がある。
- 小さいタイプのパウダクラッチが使用可能となる場合があり、制御精度が向上する。
- 全自動張力制御しか選択できない機械も、半自動張力制御運転が可能となる場合がある。
- 同一クラッチを使用した場合、パウダクラッチの寿命が延びる。

等のメリットが発生します。

ただし、LE-40MTBとLE-40MDを用いた自動張力制御装置ではライン速度0.5m/min以下で、巻軸停止判断を行います。

ライン速度が0.5m/min以下となるような仕様では、LE-40MTBとLE-40MDを用いた自動張力制御装置のパウダクラッチの定スリップ制御機能は使用できません。

また、LD-FX形半自動張力制御装置では巻軸回転速度5r/min以下で巻軸停止判断を行います。巻軸回転速度が5r/min以下となるような仕様では、LD-FX形半自動張力制御装置のパウダクラッチの定スリップ制御機能は使用できません。

巻出し側パウダブレーキ2台並列使用

張力やライン速度が高く、パウダブレーキの選定計算するとトルクやスリップ工率(発熱量)が高くなり、1台のパウダブレーキでは容量が足りない場合は、巻出し1軸に2台のパウダブレーキを並列に取付けて使用する場合があります。このときには2台のパウダブレーキのトルクばらつきを考慮して選定計算する必要があります。

通常パウダブレーキ2台を並列使用する場合、2台のパウダブレーキに同じ電流(電圧)を印加するため、2台のパウダブレーキにトルクばらつきがあると、必要なトルクが2台のパウダブレーキに均等に分担されずに、トルクが多く出ている側のパウダブレーキが多くのトルクを負担し、スリップ工率(発熱量)も大きくなります。そのため、2台の許容連続スリップ工率の合計が、運転時のスリップ工率に対し、余裕をもたずに選定していると、トルクが出ているほうのパウダブレーキでは許容値をオーバーしてしまう可能性があります。

このため、選定の際には、定格トルク、許容連続スリップ工率に、20%余裕をみて選定します。

《選定例》

(1)仕様

ライン速度　V　:350m/min

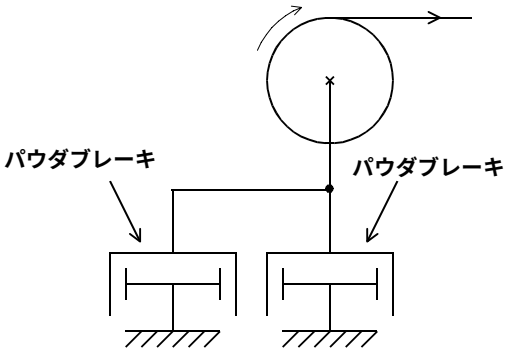
張力　F　:400～600N

巻出しロール径　D_1 :1000mm

D_2 :100mm

その他の条件

巻出し軸とブレーキ軸のギヤ比R＝1とし、ZKB-HBN形パウダブレーキを使用する。



(2)計算

トルク

巻出し初め、巻出し終わりの所要ブレーキトルクを、それぞれT_1、T_2とすると

$$T_1=F\times\frac{D_1}{2}=(400\sim600)\times\frac{1000\times10^{-3}}{2}$$
$$=200\sim300 \quad (N\cdot m)$$

$$T_2=F\times\frac{D_2}{2}=(400\sim600)\times\frac{100\times10^{-3}}{2}$$
$$=20\sim30 \quad (N\cdot m)$$

回転速度

巻出し初め、巻出し終わりの巻出し軸の回転速度を、それぞれN_1、N_2とすると

$$N_1=\frac{V}{\pi\times D_1}=\frac{350}{\pi\times1000\times10^{-3}}=111 \quad (r/min)$$

$$N_2=\frac{V}{\pi\times D_2}=\frac{350}{\pi\times100\times10^{-3}}=1114 \quad (r/min)$$

最大スリップ工率

$$P_{max}=0.0167\times F_{max}\times V_{max}$$
$$=0.0167\times600\times350=3507 \quad (W)$$

トルク、スリップ工率を2台に分け、20%の余裕をみると1台当りの必要トルク

$$T=\frac{T_{max}}{2}\times1.2=\frac{300}{2}\times1.2=180 \quad (N\cdot m)$$

1台当りの必要スリップ工率

$$P=\frac{P_{max}}{2}\times1.2=\frac{3507}{2}\times1.2=2104 \quad (W)$$

よってZKB-20HBN(定格トルク:200N・m、許容連続スリップ工率:2800W)を選択する。

巻出し側でパウダクラッチ逆転入力使用

巻出しのパウダブレーキを選定する際に、機械のライン速度が遅く、十分なスリップ回転速度が確保できない場合には、パウダクラッチの逆転入力使用という方法があります。
パウダクラッチの出力側(または入力側)を巻出し軸に連結し、入力側(または出力側)に、ギヤードモータなどを連結し、巻出し軸の回転方向とは逆方向に常に回転させます。
これにより十分なスリップ回転速度を確保でき、安定したトルク制御を行うことが可能になります。

クラッチの入力側、出力側の取付け方向に関しては、通常、回転速度が高くなる側にクラッチの入力側を連結します。
すなわち、ライン速度が遅く、常に巻出し軸の回転速度が低い場合は、クラッチの入力側をモータへ連結します。
巻出し開始径が大きく、巻出し開始時に一時的に回転が遅くなるだけで、ほとんどの運転時間中は、十分なスリップ回転速度が得られるような場合は、出力側をモータに連結します。

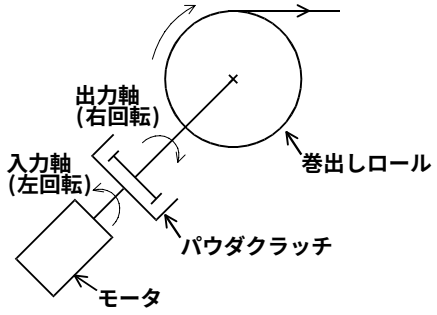
《選定例》

(1)仕様

ライン速度　V　:1～5 m/min
張力　F　:50～100N
巻出しロール径　D_1 :400mm
D_2 :110mm

その他の条件

巻出し軸とブレーキ軸のギヤ比R＝1とする。



(2)計算

トルク

巻出し初め、巻出し終わりの所要ブレーキトルクをT_1、T_2とすると

$$T_1 = F \times \frac{D_1}{2} = (50 \sim 100) \times \frac{400 \times 10^{-3}}{2} = 10 \sim 20 \quad (N \cdot m)$$

$$T_2 = F \times \frac{D_2}{2} = (50 \sim 100) \times \frac{110 \times 10^{-3}}{2} = 2.75 \sim 5.5 \quad (N \cdot m)$$

回転速度

巻出し初め、巻出し終わりの巻出し軸の回転速度をN_1、N_2とすると

$$N_1 = \frac{V}{\pi \times D_1} = \frac{(1 \sim 5)}{\pi \times 400 \times 10^{-3}} = 0.8 \sim 4.0 \quad (r/min)$$

$$N_2 = \frac{V}{\pi \times D_2} = \frac{(1 \sim 5)}{\pi \times 110 \times 10^{-3}} = 2.9 \sim 14.5 \quad (r/min)$$

最大スリップ工率P_{max}は

$$P_{max} = 0.0167 \times F_{max} \times V_{max} = 0.0167 \times 100 \times 5 = 3.35 \, (W)$$

ギヤードモータを使用し、巻出し軸の回転方向とは逆方向の回転N_{rev}＝30r/minを与えると、逆回転分のスリップ工率P_{rev}は

$$P_{rev} = 0.105 \times T_{max} \times N_{rev} = 0.105 \times 20 \times 30 = 63 \, (W)$$

結局、最大スリップ工率P_{sum}は

$$P_{sum} = P_{max} + P_{rev} = 3.35 + 63 = 66.35 \, (W)$$

となり、ZKB-2.5BN(定格トルク:25N・m、許容連続スリップ工率:120W)を選択します。

注意: スリップ回転速度が高いほうが、制御性が良くなりますが、その分スリップ工率(発熱量)も大きくなります。実際の使用では、逆転入力回転速度は50r/min程度に設定します。

中間軸制御のパウダクラッチ・ブレーキ

インフィード、アウトフィードといった中間軸での張力制御の場合は、パウダクラッチ・ブレーキを同時に使用します。

(ただし、条件が限られれば、インフィードの場合はパウダブレーキのみ、アウトフィードの場合はパウダクラッチのみで制御することが可能です。)

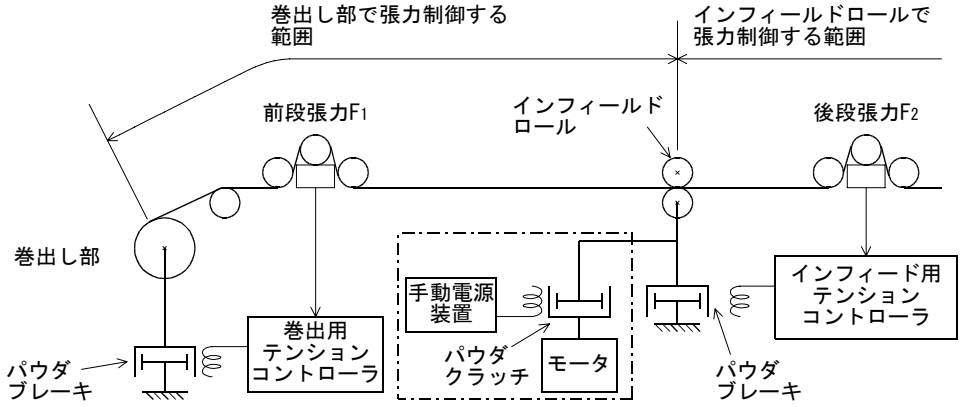
インフィード制御の場合

図のようにパウダクラッチを一定のトルクで材料を送る方向へ駆動し、パウダブレーキのトルクを制御して、張力制御を行います。
必要トルクを計算する際には、制御しようとする目標張力ではなく、フィードロール前後の張力差で計算します。この張力差をフィードロールに取付けたパウダクラッチ・ブレーキで制御するため、パウダクラッチ・ブレーキのトルクを計算する際の張力Fは、F＝(前段張力F_1)－(後段張力F_2)となります。
常に、後段張力F_2が、前段張力F_1より大きい場合($F_1 < F_2$)は、パウダブレーキだけで制御可能です。
(パウダクラッチと手動電源装置は不要です。)

《選定例》

(1)仕様

ライン速度　　V：120 m/min
前段(巻出し)張力　F_1：100N
後段張力　　F_2：50～140N
フィードロール径　D：110mm



前段張力F_1＝100Nに対し、後段張力F_2を張力範囲50～140Nで制御するには、フィードロール部でF＝－50～40Nの範囲で張力を加減する必要があります。そのためにはパウダクラッチで50N分(送り方向とは同じ方向)の一定トルクを与え、パウダブレーキで10～100Nのブレーキを加えることにより、前段張力F_1に対し－50～40Nの張力の加減を行い、後段張力F_2を50～140Nの範囲で制御することができます。

(2)計算

フィードロールの回転速度Nは

$$N=\frac{V}{\pi \times D}=\frac{120}{\pi \times 110 \times 10^{-3}}=347 \quad (r/min)$$

パウダクラッチの選定

パウダクラッチで50N送るときに必要トルクは

$$T_{cl}=F_{cl}\times\frac{D}{2}=50\times\frac{110\times10^{-3}}{2}=2.75\quad(N\cdot m)$$

フィードロールの回転速度347r/minより速い回転速度で、クラッチの入力側を回転させる必要があるため、クラッチ駆動用モータの回転速度を400r/minとします。

$T_{cl}=0.105\times T\times(N_{input}-N_{output})$

$=0.105\times2.75\times(400-347)=15.3(W)$

以上よりパウダクラッチはZKB-0.3AN(定格トルク:3N・m、許容連続スリップ工率:50W)を選択します。

パウダブレーキの選定

張力10～100Nを与えるために必要なブレーキトルクは

$$T_{br}=F_{br}\times\frac{D}{2}=(10\sim100)\times\frac{110\times10^{-3}}{2}$$

$$=0.55\sim5.5\quad(N\cdot m)$$

最大スリップ工率P_{max}は

$P_{max}=0.0167\times F_{max}\times V=0.0167\times100\times120$

$=200(W)$

以上より、パウダブレーキ ZA-1.2Y_1(定格トルク:12N・m、許容連続スリップ工率:220W)を選定します。

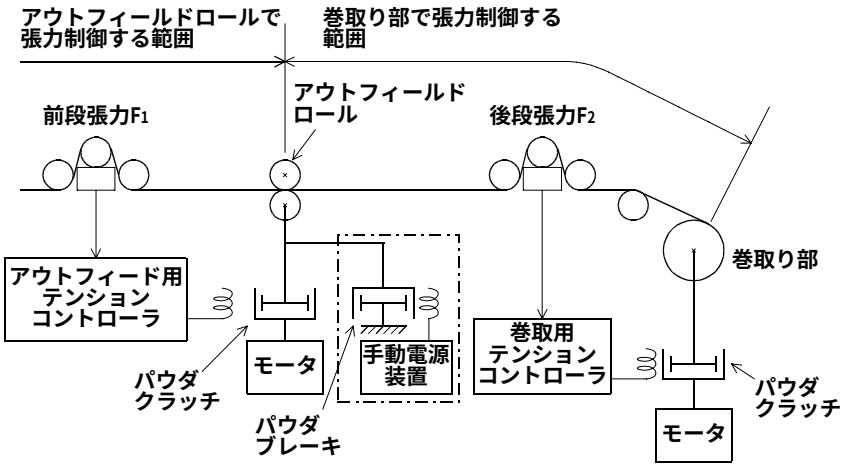
後段張力F_2が100Nを超える範囲(例えば110～160N)で良ければ、パウダクラッチは不要で、パウダブレーキのみで制御可能です。

このパウダクラッチとブレーキの構成を巻出し部に採用することにより、巻出しのメカロスをキャンセルし、メカロスの影響を受けない、低張力からの張力制御の実現が可能となります。

アウトフィード制御の場合

アウトフィード制御の場合は、インフィード制御とは逆に、パウダブレーキを一定のトルクに設定し、パウダクラッチのトルクを制御して、張力制御を行います。
必要トルクの計算も、インフィードとは逆に、計算に使用する張力Fを、F＝(後段張力F2)－(前段張力F1)とします。

常に、前段張力F1が、後段張力F2より大きい場合(F1＞F2)は、パウダクラッチだけで制御可能です。(パウダブレーキと手動電源装置は不要です。)



《選定例》

(1)仕様

ライン速度	V ：120 m/min
前段張力	F1 ：80N
後段(巻取り)張力	F2 ：100→50N (張力100Nで巻取り開始、巻終り時に50Nになるようにテーパ制御を行う。)
フィードロール径	D ：110mm

巻取り100Nで開始後、80Nまでは、前段張力F1＜後段張力F2のため、パウダクラッチだけでは張力制御できないため、パウダブレーキを取付けます。このパウダブレーキで30Nのブレーキを加え、パウダクラッチで10→60Nの張力を変化させれば、後段(巻取り)張力F2が100→50Nに変化しても、前段張力F1を80N一定に制御することが可能です。

(2)計算

フィードロールの回転速度Nは

$$N=\frac{V}{\pi\times D}=\frac{120}{\pi\times 110\times 10^{-3}}=347 \quad (r/min)$$

パウダブレーキの選定

$$T_{br}=F_{br}\times\frac{D}{2}=30\times\frac{110\times10^{-3}}{2}=1.65\quad(N\cdot m)$$

最大スリップ工率Pmaxは

$P_{max}=0.0167\times F_{max}\times V=0.0167\times30\times120$

$=60(W)$

パウダブレーキZKB-0.6YN(定格トルク:6N・m、許容連続スリップ工率:70W)を選定します。

パウダクラッチの選定

パウダクラッチで10→60N送るときに必要トルクは

$$T_{cl}=F_{cl}\times\frac{D}{2}=10\sim60\times\frac{110\times10^{-3}}{2}$$

$$=0.55\sim3.3\quad(N\cdot m)$$

フィードロールの回転速度347r/minより速い回転速度で、クラッチの入力を回転させる必要があるため、モータの回転速度を400r/minとします。

$P_{cl}=0.105\times T\times(N_{input}-N_{output})$

$=0.105\times3.3\times(400-347)=18.4(W)$

以上よりパウダクラッチはZKB-0.6AN(定格トルク:6N・m、許容連続スリップ工率:70W)を選択します。

27.3 パウダクラッチを連結用として使用する場合

(1) 選定計算

連結装置としての使用

a)モータからの選定

負荷トルクがはっきりしないで、モータ出力のみ判明しているときには次式によります。

$$T_L = 9550\frac{P}{N}\eta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ただし、

T_L :負荷トルク(N・m)

P :モータの定格出力(kW)

N :クラッチ軸の回数速度(r/min)

η :モータ軸からクラッチ軸までの機械伝動効率

T_Lに1.5～3倍の安全率を見込みクラッチ形名を推定します。

また、負荷トルクが判明しているときは、負荷トルクに1.5倍～3倍の安全係数をかけて、クラッチに必要なトルクを求め形名を選定してください。

b) 通常の連結装置としての使用の場合にはa)の選定だけで十分ですが、特に大きな慣性モーメントJを持つ機械の起動・停止とか、連結ひん度の高い運転条件でクラッチまたはブレーキを使用する場合は、熱容量まで考慮する必要があります。いま、スリップ回転速度Nr(r/min)で空転している駆動側と被動側を連結させるとき、摩擦面に生じる熱エネルギーすなわち連結仕事Eは次式で表されます。

$$E = \frac{J\cdot Nr^2}{182}\cdot\frac{T_C}{T_C \pm T_L}\ (J) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

ここに(−)符号は増速連結(起動時)

(+)符号は減速連結(停止時)

ただし、

T_C :クラッチの伝達トルク(N・m)

(ブレーキの場合はブレーキトルク)

励磁電流により適正値に設定する。

T_L :クラッチ軸換算の負荷トルク(N・m)

J :クラッチ軸換算の負荷慣性モーメント

(kgm^2)

また、連結時間は次式で表わされます。

$$t = \frac{J\cdot Nr}{9.55\times(T_C \pm T_L)}\ (S) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

ここに(−)符号は増速連結　(+)符号は減速連結

(2)式で1回当りの連結仕事を求め、連結ひん度を検討し、その両者が求まりますと図1により許容連結仕事線図以内に納まるかどうか検討します。もし規定範囲内で納まらないときには仮に伝達トルクは十分でも、さらに大きい形名のものを選ばねばなりません。

なお図1は回転速度N≧1,000r/minのときの仕事線図ですが、もしN＜1,000r/minの場合には回転による自己冷却効果が低下しますので、連結仕事をつぎのように換算します。

$$E_N = E\times\frac{P}{P_N} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

E_N :N回転時の連結仕事を等価的に

N≧1,000r/minのそれに換算した値

E :(2)式で求めた連結仕事

P :各機種のN≧1,000r/minにおける許容連続スリップ工率

P_N :各機種のNr/minにおける許容連続スリップ工率

また、(3)式からわかるように、T_Cの値により連結時間が異なってきます。なお、始動クラッチとして使用する場合にはT_C＜T_Lのときは始動しないことになりますのでご注意ください。負荷トルクが無視できる場合にはT_L＝0として

$$E = \frac{J\cdot Nr^2}{182}\ (J) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

となります。(5)式は負荷の回転状況のいかんにかかわらず、相対回転速度により定まります。

また、連結ひん度が50回/1時間以上の場合には、間欠スリップよりむしろ連続スリップと考えて次式で計算します。

$$P=2\times E\times S(W)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

ただし、2　:安全係数

E :(2)式で求めた連結仕事(J)

S :連結ひん度　回/秒

(6)式で求めたPが、連続スリップの場合、各機種の許容連続スリップ工率の規定範囲内に納まるかどうか検討するようにしてください。

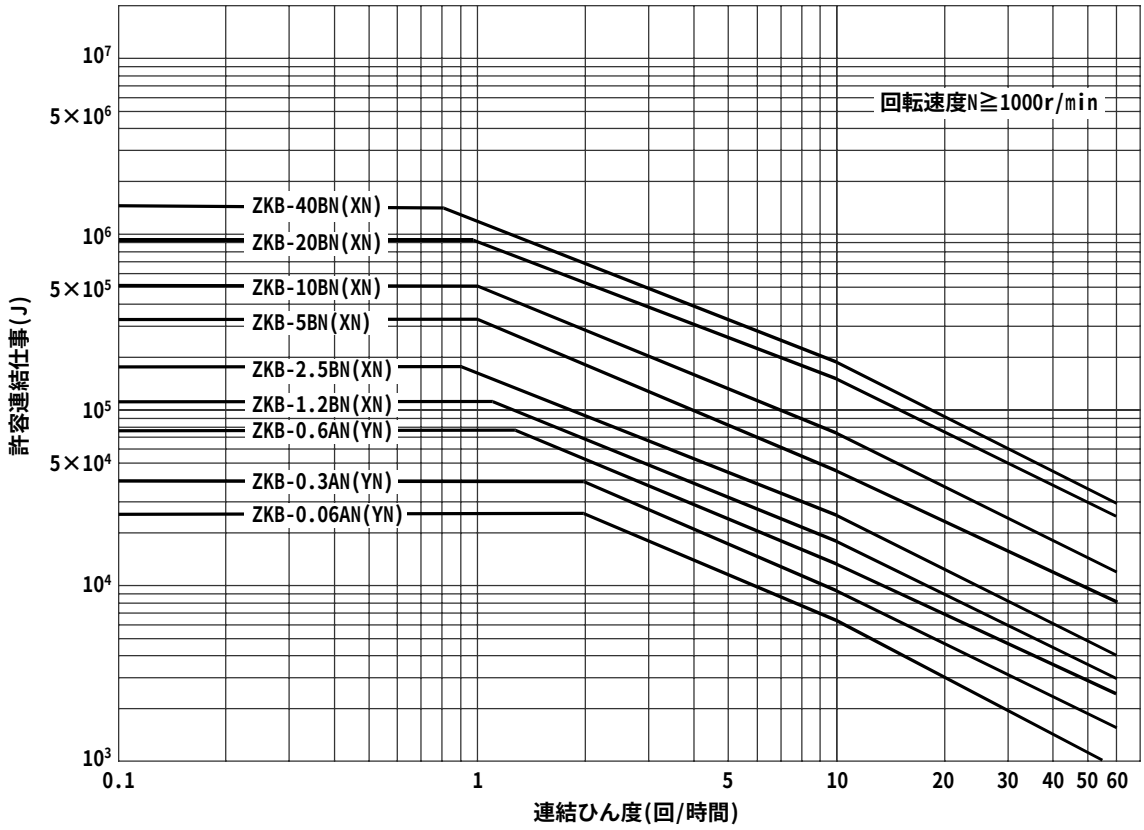


図1　ZKB形クラッチ・ブレーキ許容連結ひん度

(2) 連結用パウダクラッチの選定計算例

クッションスタート用パウダクラッチ

クッションスタート用にパウダクラッチを使用した例を示します。

①仕様

負荷慣性モーメントJ=1.25×10^{2}kgm^2

負荷トルク＝48N･m

起動時間　10s

起動ひん度　5回/1時間

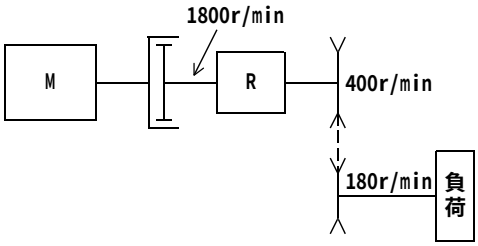


図1　構成例

②計算

クラッチ軸換算慣性モーメントJ

$$=1.25\times10^2\times\left(\frac{180}{1800}\right)^2=1.25\text{kg m}^2$$

$$\text{クラッチ軸換算負荷トルク}=48\times\left(\frac{180}{1800}\right)$$

$$=4.8\text{N･m}$$

起動時間10sのときのクラッチの所要トルクTcは

$$Tc=\frac{J}{t}\times\frac{Nr}{9.55}+T_L$$

$$=\frac{1.25}{10}\times\frac{1800}{9.55}+4.8=23.6+4.8=28.4\text{N･m}$$

このときの1回当たりの連結エネルギーEは

$$E=\frac{28.4}{28.4-4.8}\times\frac{1.25\times1800^2}{182}=2.7\times10^4\text{J}$$

トルク容量からZKB-5BNが必要であり、ZKB-5BNの1時間に5回のときの許容連結エネルギーは8.0×10^{4}Jであり、許容値を満足します。

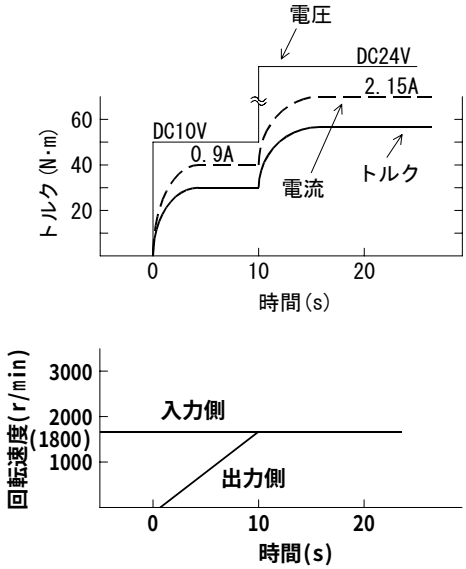


図2　動作特性

注1. 図 2 のようにクッションスタート完了後は弱励磁から定格励磁に切り替えて運転中はトルクマージンが十分ある状態で使用としてください。

注2. 電流値はパウダの劣化がありますので、調整可能としてください。

27.4 試験装置の負荷用として使用する場合

パウダクラッチ・ブレーキは、そのトルク制御性の良さから、擬似的な負荷として、モータの特性測定や、歯車、ベルトなど動力伝達要素の耐久試験装置などにも使用されます。
試験装置の負荷用として使用する場合の、選定の方法、選定計算例、使用上の注意点を説明します。

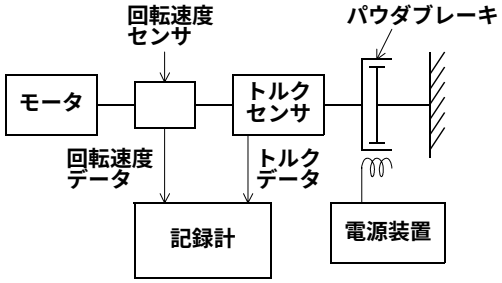
(1) 選定方法

基本的に張力制御用として選定する際と同じで、使用するトルク、回転速度、スリップ工率(発熱量)が許容値内に入っているか確認します。
(定格トルク内、許容回転速度以下での使用でも、スリップ工率(発熱量)が、許容連続スリップ工率の範囲内でないと使用できませんので、十分注意する必要があります。詳細は41ページの部分を参照してください。)

(2) 試験装置用パウダクラッチ・ブレーキの選定例

減速機付直流モータの性能試験装置

出力600W(トルク44N・m、回転速度130r/min)の減速機付モータの特性を測定するための、パウダブレーキを選定する。
スリップ工率Pは、
$P=0.105\times T\times Nr=0.105\times 44\times 130=600$ (W)
(計算結果からわかるように、モータ出力＝パウダブレーキのスリップ工率(発熱量)となります。)
ZKB-5HBN形パウダブレーキ(許容連続スリップ工率1100W、定格トルク50N・m、許容回転速度1800 r/min)を選定します。
パウダブレーキの励磁電流を変えることにより、モータへの負荷トルクを変化させ、モータ電流、回転速度の変化を記録します。



伝動ベルトの耐久試験装置

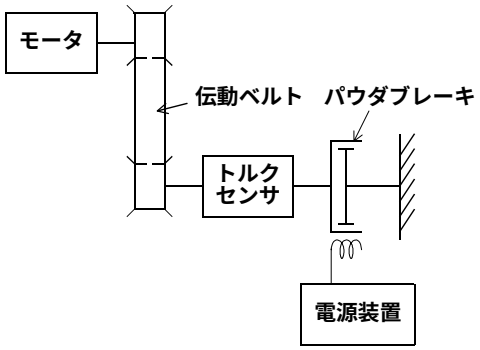
伝動ベルトの耐久テスト装置用のパウダブレーキを選定する。

運転条件は、負荷トルク15N・m、回転速度100r/minで、正転10秒、逆転10秒の繰返し、回転方向が切換わる際にそれぞれ5秒間の停止時間を設定する。

スリップ工率Pは、

$P=0.105\times T\times Nr=0.105\times 15\times 100=157.5(W)$

ZA-2.5Y1(定格トルク25N・m、許容回転速度1800r/min、許容連続スリップ工率200W)を選定します。



回転停止中もパウダブレーキに励磁電流を印加しておくと内部のパウダを動作面に保持しておくことができ、再起動時に、トルクの立上り時間(応答性)が速くなります。

注意

実際には起動／停止時に加速／減速に必要なトルクがブレーキトルクに加算／減算され、試料に加わりますので注意が必要です。

加速／減速トルクTaは次の計算式で求めます。

$$Ta=\frac{J\times(N_2-N_1)}{9.55\times t}\quad(N\cdot m)$$

J :回転部分の慣性モーメントの合計(kgm^2)
N_1:初期回転速度 (r/min)
N_2:最終回転速度 (r/min)
t :加速/減速時間 (s)

この加速/減速トルクTaの影響が問題になる場合には、加速/減速時間 t を長くする必要があります。

(3) 試験装置用パウダクラッチ・ブレーキ使用上の注意点

特に負荷試験用として使用する場合に注意が必要な点を挙げます。

トルクのばらつき

パウダクラッチ・ブレーキは、電気信号(コイル励磁電流)でトルクの調整ができるとはいえ、摩擦力でトルクを発生しているため、摩擦係数のばらつきによるトルクのばらつきは避けられません。このトルクばらつきを考慮した上で、パウダクラッチ・ブレーキを使用する必要があります。

カタログ等に記載している励磁電流－トルク特性は代表測定例ですので、これを元に電流値を設定すると、目標とするトルクに対して誤差が発生します。正確なトルクの管理が必要な場合には、必ずトルクセンサ等でトルクを測定してください。

空転トルク

励磁電流を0Aにしても空転トルク(定格トルクの1～4％程度。機種・トルクサイズによって異なるため、カタログの仕様欄を参照してください。)があるため、完全な無負荷の状態にはなりません。

完全な無負荷の状態にするためには、パウダクラッチ・ブレーキとは別に摩擦板式電磁クラッチなどを使用して、機械的に連結を切り離す構成にする必要があります。

トルク応答性

パウダクラッチ・ブレーキのトルク応答性については、「7 動作特性」(9ページ)の項目を参照してください。ただし、回転速度が変わるとトルク時定数も変わります。また、トルク同様にばらつきがありますので注意が必要です。

精度の高いトルク特性、応答性を要求される場合は、ヒステリシスクラッチ・ブレーキの使用を推奨します。

28.巻取りクラッチ入力駆動用モータ選定計算要領

張力制御の巻取り軸にてパウダ(ヒステリシス)クラッチを使用する場合のクラッチ入力用モータの選定計算要領について以下に示します。

クラッチ入力回転速度一定とした場合

クラッチ入力回転速度を一定とする場合、モータの回転速度も一定でよいことから、通常、ギヤードモータや汎用モータを商用電源にて運転します。

モータ選定時には、クラッチ入力回転速度とクラッチ使用トルクの最大値を考慮してください。また、減速機効率やメカロスなどに対するトルク余裕を考慮して、モータ軸トルクがモータ定格トルクの70%以内となるようにしてください。

クラッチ入力回転速度が一定の場合のモータ選定フローを図1に示します。

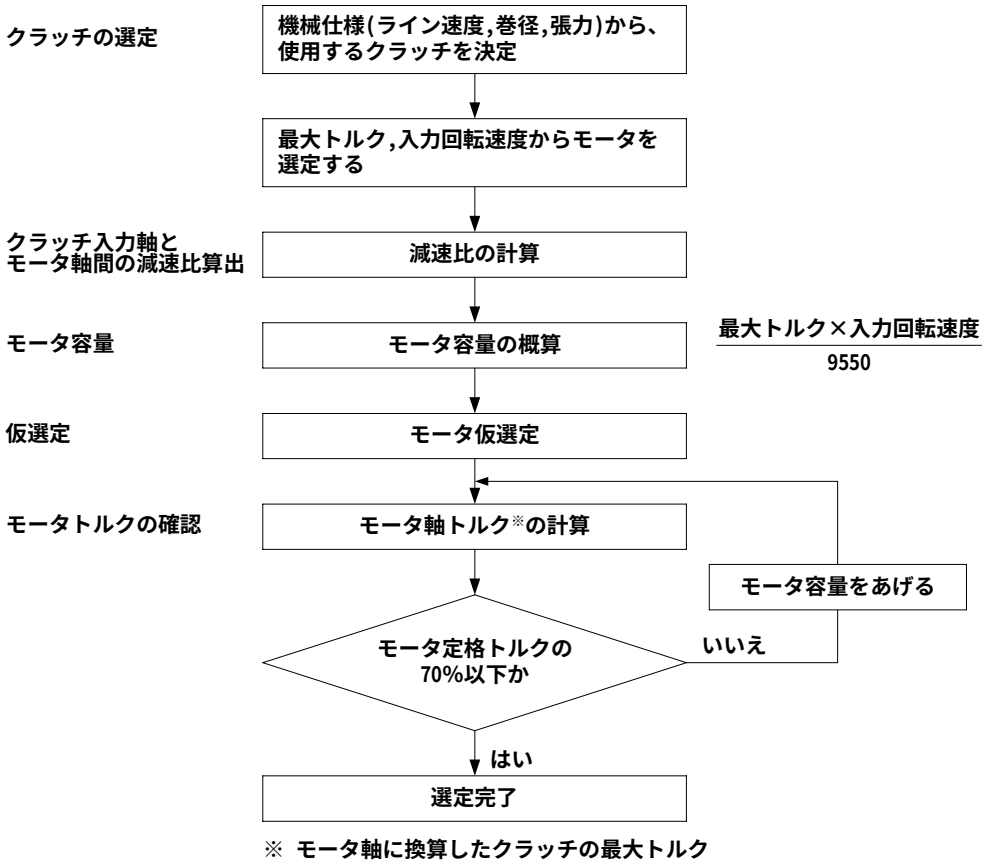


図1　巻取りクラッチ入力駆動用モータ選定フローチャート

《選定例》

(1)仕様

使用パウダクラッチ	ZKB-0.6AN
パウダクラッチ使用最大トルク	Tc:5.95N・m
クラッチ入力回転速度許容範囲	Nc:94.2～113r/min

クラッチ入力回転速度許容範囲はクラッチ選定時に許容連続スリップ工率内となるような回転速度範囲を求めたものです。

(2)計算

①クラッチ入力回転速度

クラッチ入力回転速度

クラッチ入力回転速度をNcinとし、クラッチ入力回転速度許容範囲Nc内となるようにNcinの値を決定します。

Ncin＝100(r/min)

②クラッチ入力軸・モータ軸間の減速比

モータの定格回転速度Nは1500(r/min)とします。(50Hz)

クラッチ軸・モータ軸間の減速比Rは

R=1500÷100＝15

③モータ容量の概算

モータ概算容量をPcとすると

$$Pc=\frac{Tc\times Ncin}{9550}=\frac{5.95\times 100}{9550}=0.06\quad(kW)$$

したがって、モータ定格出力Pが0.1(kW)のモータを仮選定します。

④モータトルクの確認

モータ定格トルクをTmとすると

$$Tm=9550\times\frac{P}{N}=9550\times\frac{0.1}{1500}=0.63\quad(N\cdot m)$$

モータ軸トルク(モータ軸に換算したクラッチの最大トルク)をTrとすると

Tr＝Tc÷R＝5.95÷15＝0.4(N・m)

モータ軸トルクTrはモータ定格トルクTmに対して

$$\frac{Tr}{Tm}\times 100=\frac{0.4}{0.63}\times 100=64\quad(\%)$$

モータ軸トルクTrはモータ定格トルクTmの70%以内となっています。

以上より、0.1kW 1/15のモータを選択します。

形名(例)

・ギヤードモータ　GM-S 0.1kW 1/15

・汎用モータ　SF-JR 0.1kW (外部ギヤ1/15)

注意: クラッチ入力回転速度が高いほうが、スリップ回転速度が高くなるため制御性がよくなりますが、その分スリップ工率(発熱量)も大きくなります。

定スリップ制御を行う場合

定スリップ制御とは、クラッチ出力軸の回転速度にあわせてクラッチ入力回転速度を可変させ、スリップ回転速度を一定にすることによって、クラッチの発熱量を減少させる方法です。

通常、巻取り軸の巻太りとともにクラッチ出力軸の回転速度が低くなっていくことから、クラッチ入力回転速度を一定とした場合、スリップ回転速度がだんだん大きくなり、運転時の発熱が大きくなります。

定スリップ制御を行う場合に必要なもの

- インバータ(定トルク運転が可能なもの)など
  (モータの回転速度を可変するため)
- 定トルクモータ
  巻取り軸の巻太り時は低速回転速度でかつ高いトルクが必要となります。
  したがって低速回転速度時でも高いトルクを出力可能な定トルクモータを選んでください。汎用モータを使用した場合、低速回転速度時にトルクが不足する可能性が高くなります。

モータ選定時には、クラッチ入力回転速度範囲とクラッチ使用トルクの最大値を考慮してください。また、減速機効率やメカロスなどに対するトルク余裕を考慮して、モータ軸トルクがモータ定格トルクの70%以内となるようにしてください。

モータ回転速度は定トルク運転可能な範囲内(例えば90～1800r/min・3～60Hz)となるように選定してください。

※ 定トルク運転可能な回転速度の範囲は、使用するモータやインバータの制御方法などによっても異なります。詳細は使用するモータ・インバータの仕様を確認してください。

パウダ(ヒステリシス)クラッチを定スリップ制御にて使用する場合のモータの選定フローを図2に示します。

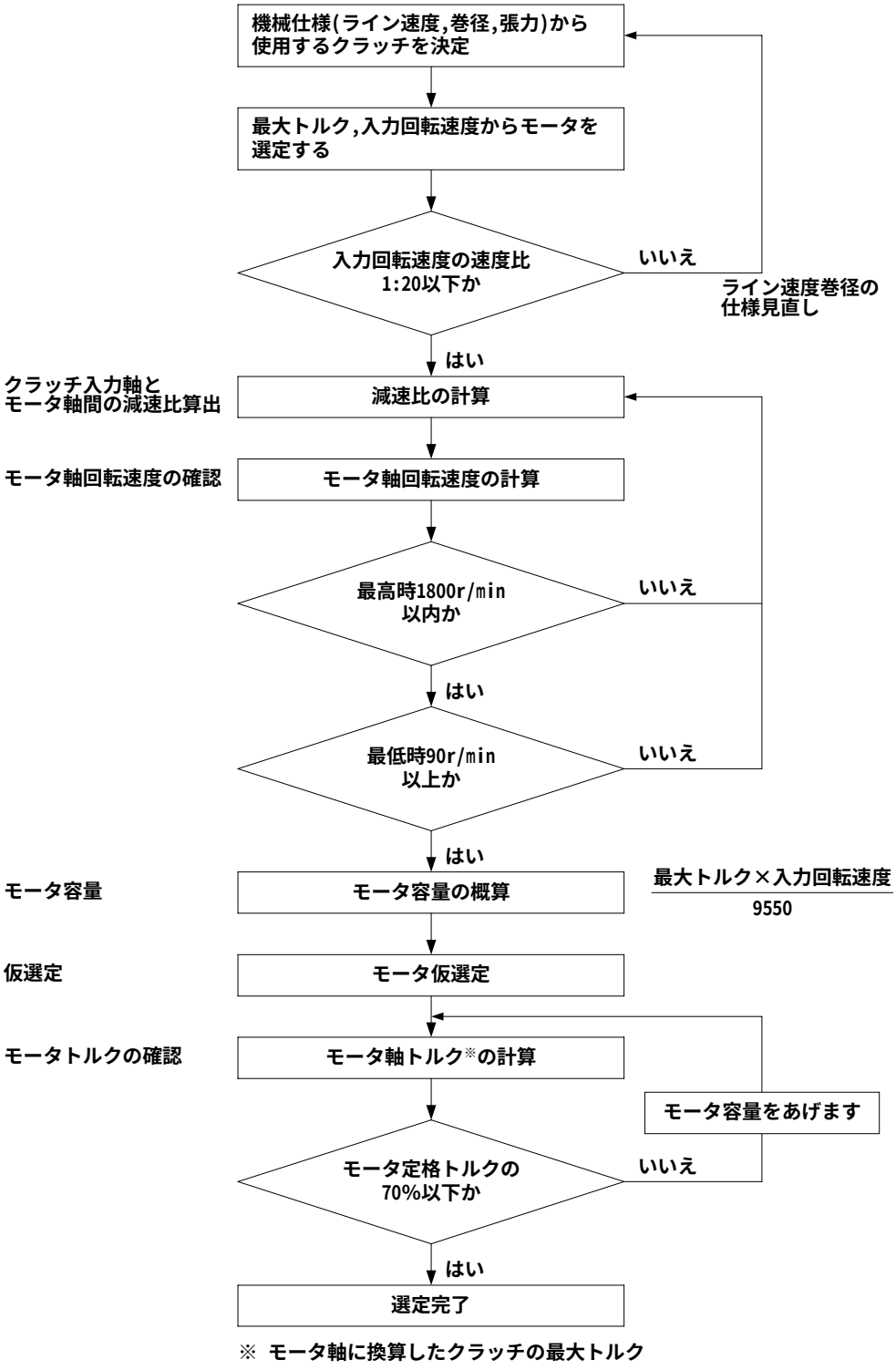


図2　定スリップ巻取り用モータ選定フローチャート

《選定計算例》

(1)仕様

使用パウダクラッチ　　ZKB-1.2BN

パウダクラッチ使用最大トルク　Tc:10.7N･m

クラッチ出力軸回転速度　Ncout:83.6～1592r/min

スリップ回転速度許容範囲　　Ns:5～97r/min

スリップ回転速度許容範囲はクラッチ選定時に許容連続スリップ工率内となるような回転速度範囲を求めたものです。

(2)計算

①スリップ回転速度

スリップ回転速度をNssとし、スリップ回転速度許容範囲Ns内となるようにNssの値を決定します。

Nss＝30(r/min)

②クラッチ入力軸回転速度

クラッチ入力軸回転速度をNcinとして

Ncin ＝Ncout+Nss＝(83.6～1592)＋30
　　＝113.6～1622(r/min)

Ncinの速度比が1:20以上ある場合はクラッチ出力軸回転速度Ncoutの範囲が広くインバータの速度制御範囲を超えるため、ライン速度・巻径の条件を見直します。

③クラッチ入力軸・モータ軸間の減速比

モータの定格回転速度Nは1800(r/min)とします。

クラッチ軸・モータ軸間の減速比*R*は

$$R=\frac{N}{N_{cin(MAX)}}=\frac{1800}{1622}=1.10974\cdots\Rightarrow 1$$

④モータ容量の概算

モータ概算容量をPcとすると

$$P_c=\frac{T_c\times N_{cin(MAX)}}{9550}=\frac{10.7\times 1622}{9550}=1.82 \quad (kW)$$

したがって、モータ定格出力Pが2.2(kW)のモータを仮選定します。

⑤モータトルクの確認

モータ定格トルクをTmとすると

$$T_m=9550\times\frac{P}{N}=9550\times\frac{2.2}{1800}=11.6 \quad (N\cdot m)$$

モータ軸トルク(モータ軸に換算したクラッチの最大トルク)をTrとすると

Tr＝Tc÷R＝10.7÷1＝10.7(N・m)

モータ軸トルクTrはモータ定格トルクTmに対して

$$\frac{T_r}{T_m}\times 100=\frac{10.7}{11.6}\times 100=92.3 \quad (\%)$$

モータ軸トルクTrはモータ定格トルクTmの70%以上となっているため、減速機効率やメカロスなどに対するトルク余裕が不足しています。したがって、モータ容量を大きくします。

モータ定格出力Pが3.7(kW)のモータを仮選定します。

⑥モータトルクの確認

モータ定格トルクをTm2とすると

$$T_{m2}=9550\times\frac{P}{N}=9550\times\frac{3.7}{1800}=19.6 \quad (N\cdot m)$$

モータ軸トルクTrはモータ定格トルクTm2に対して

$$\frac{T_r}{T_{m2}}\times 100=\frac{10.7}{19.6}\times 100=54.6 \quad (\%)$$

モータ軸トルクTrはモータ定格トルクTm2の70%以内となっています。

⑦モータ軸回転速度の確認

モータ軸回転速度をNmとすると

Nm ＝Ncin×R＝(113.6～1622)×1
　　＝113.6～1622(r/min)

モータ軸回転速度Nmは90～1800r/minの範囲内となっており、定トルク運転可能な範囲となっています。

以上より、3.7kW 直結のモータを選択します。

形名(例)

定トルクモータ SF-HRCA 3.7kW (クラッチ入力軸直結)

インバータ FR-A520-3.7K

(アドバンスト磁束ベクトル制御使用)

注意: スリップ回転速度が高いほうが制御性がよくなりますが、その分スリップ工率(発熱量)も大きくなります。

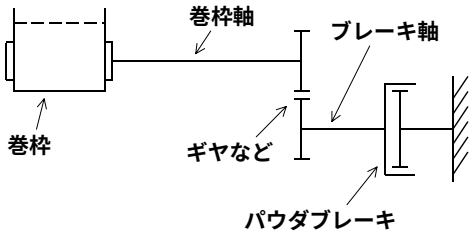
29.選定フォーマット

最も基本的な選定フォーマットを下記に示しますので、選定計算にご活用ください。

なお、カタログなどに記載しております仕様連絡シートに必要項目を記載して頂きましたら、弊社にても計算しますのでご活用ください。

29.1 巻出し用パウダブレーキの選定

構成例



条件

張力(F)＝　　～　　(N)

巻径(D)＝　　～　　(㎜)

ラインスピード

(V)＝　　～　　(m/min)

計算

(1)巻枠軸

$$\text{トルク(T)} = \frac{\text{D(m)} \times \text{F(N)}}{2}$$

$$= \frac{(\quad \sim \quad) \times (\quad \sim \quad)}{2}$$

$$= \quad \sim \quad \text{(N・m)}$$

$$\text{回転速度(N)} = \frac{\text{V(m/min)}}{3.14 \times \text{D(m)}}$$

$$= \frac{(\quad \sim \quad)}{3.14 \times (\quad \sim \quad)}$$

$$= \quad \sim \quad \text{(r/min)}$$

MAXスリップ工率(P)

=0.0167×Fmax(N)×Vmax(m/min)

=0.0167×　　×　　=　　(W)

(2)ギヤ比およびパウダブレーキ

以上の計算よりパウダブレーキは　　形を次のギヤ比で使用する。

$$\text{ギヤ比(R)} = \frac{\text{ブレーキ軸回転速度}}{\text{巻枠軸回転速度}} =$$

(3)ブレーキ軸

トルク(Tb)＝T×(1R)＝　　～　　(N・m)

(定格トルクの　　～　　%)

回転速度(Nb)＝N×R＝　　～　　(r/min)

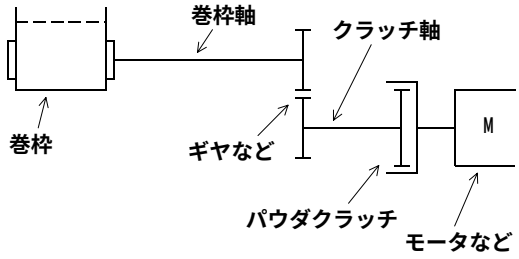
MAXスリップ工率(P)＝　　(W)

(許容連続スリップ工率＝　　W)

注. 使用トルク範囲が定格トルクの 5% 以下となる場合は自動制御が望ましい。

29.2 巻取り用パウダクラッチの選定

構成例



条件

張力(F)=　　～　　(N)

巻径(D)=　　～　　(㎜)

ラインスピード

(V)=　　～　　(m/min)

テーパテンション率(a)

$$a = \frac{\text{巻始め張力} - \text{巻終り張力}}{\text{巻始め張力}}$$

計算

(1)概算スリップ工率

$$P = 0.0167 \times F_{max}(N) \times V_{max}(m/min) \times \left(1.1 \times \frac{D_{max}}{D_{min}} - \frac{V_{min}}{V_{max}}\right) \times (1-a)$$

$$= 0.0167 \times (\quad) \times (\quad) \times \left(1.1 \times \frac{(\quad)}{(\quad)} - \frac{(\quad)}{(\quad)}\right) \times (\quad)$$

$$= \quad (W)$$

(2)巻枠軸

$$\text{トルク}(T) = \frac{D(m) \times F(N)}{2} = \frac{(\quad \sim \quad) \times (\quad \sim \quad)}{2} = \quad \sim \quad (N \cdot m)$$

$$\text{回転数}(N) = \frac{V(m/min)}{3.14 \times D(m)} = \frac{(\quad \sim \quad)}{3.14 \times (\quad \sim \quad)} = \quad \sim \quad (r/min)$$

(3)ギヤ比およびパウダクラッチ

以上の計算よりパウダクラッチは　　形を次のギヤ比で使用する。

$$\text{ギヤ比}(R) = \frac{\text{クラッチ軸回転速度}}{\text{巻枠軸回転速度}} =$$

(4)クラッチ軸

トルク(Tc)=T×(1/R)=　　～　　(N・m)

(定格トルクの　　～　　%)

クラッチ出力側回転速度(N_1)=N×R

=　～　(r/min)

クラッチ入力側回転速度(N_0)=　　(r/min)

とする。

MAXスリップ工率(P)

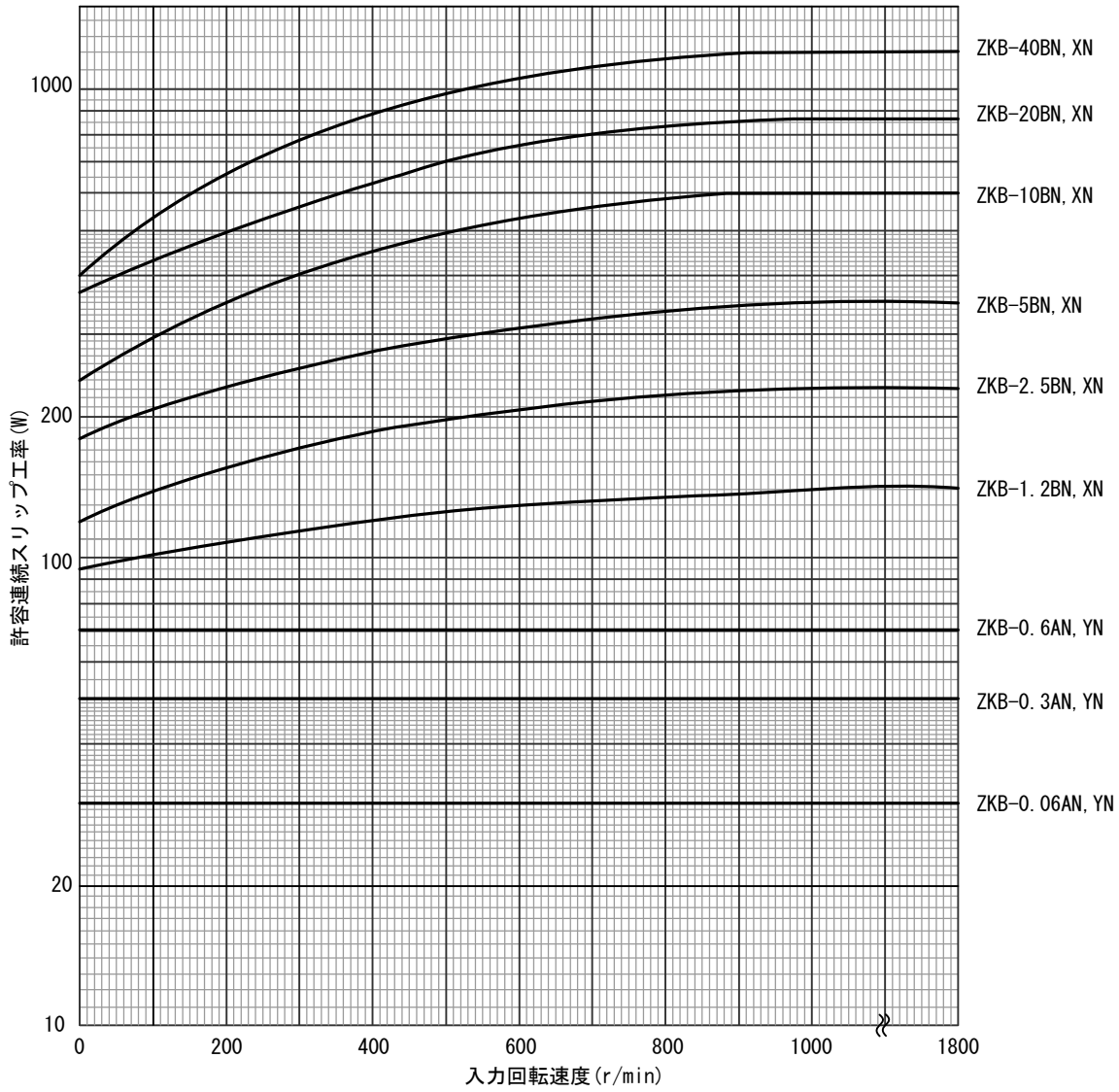
$=0.105 \times (N_0 - N_1 min) \times Tcmax$

=　(W)

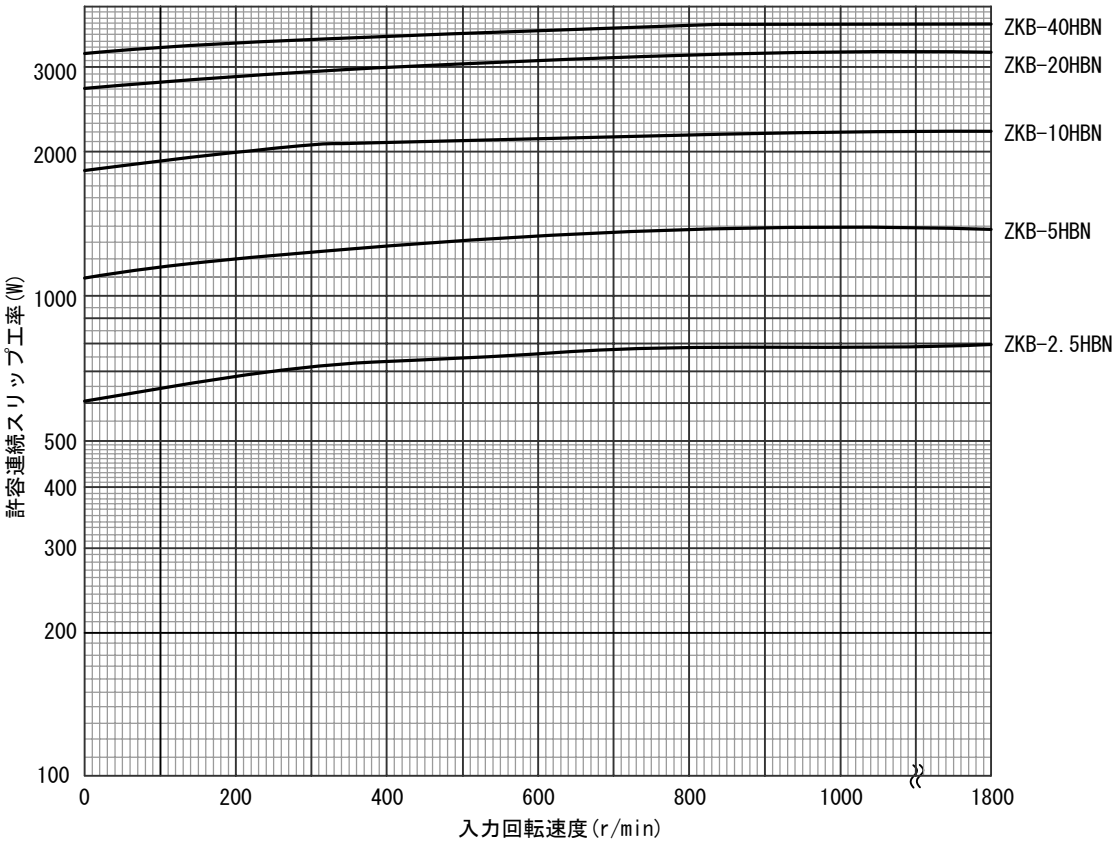
(許容連続スリップ工率=　　W)

注. 使用トルク範囲が定格トルクの５％以下となる場合は自動制御が望ましい。

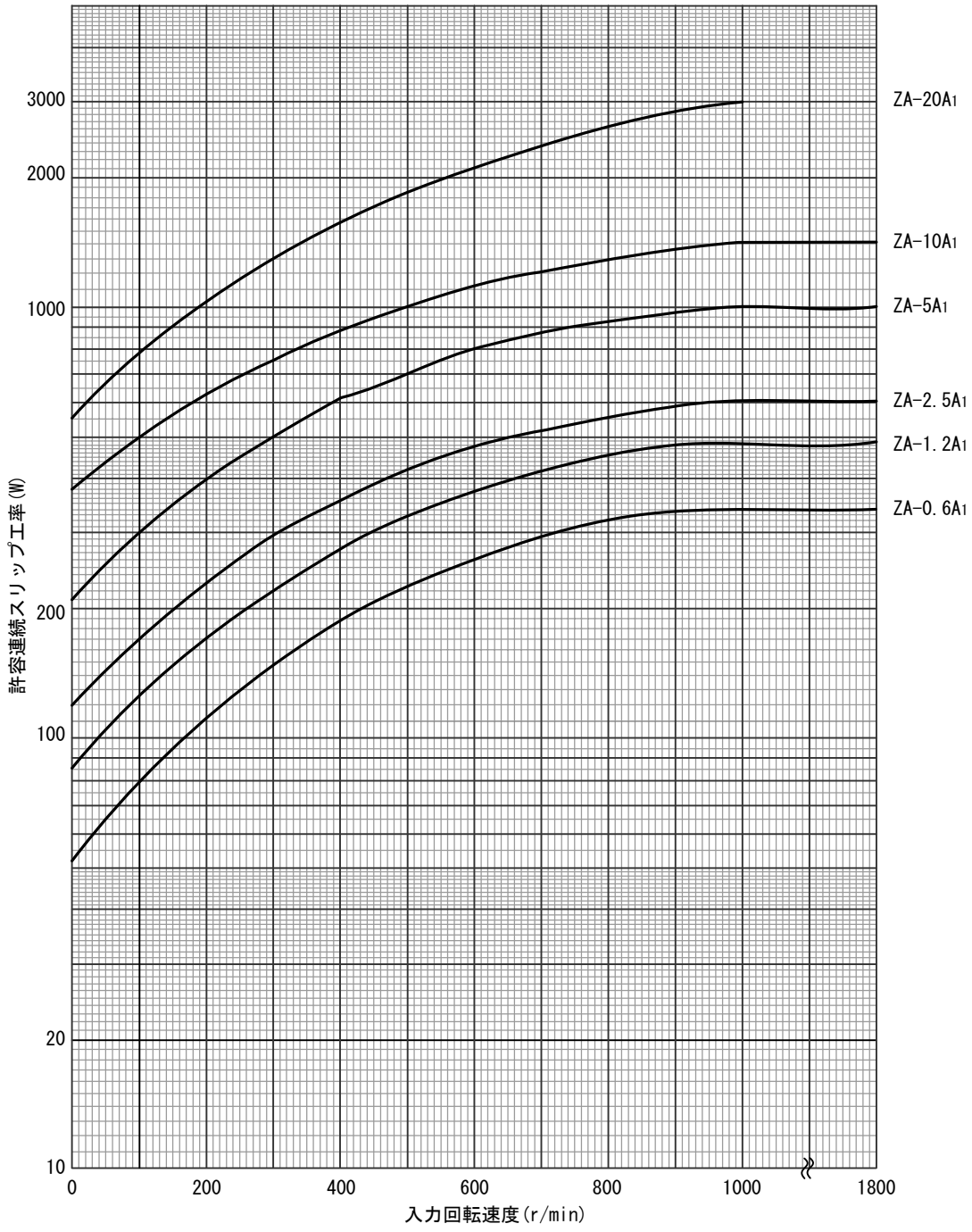
30.許容連続スリップ工率



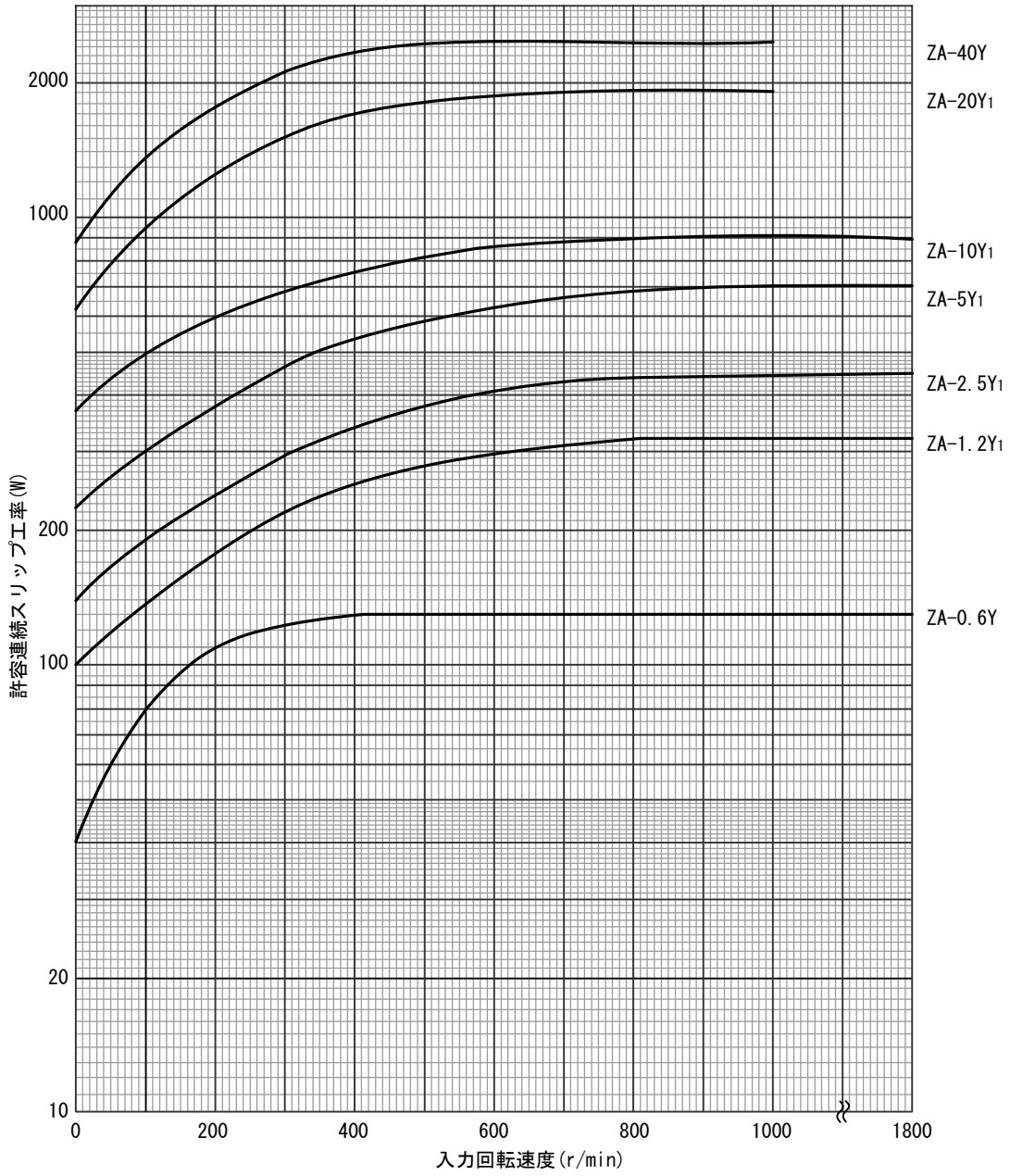
ZKB-AN, BN, XN, YN形パウダクラッチ, ブレーキ



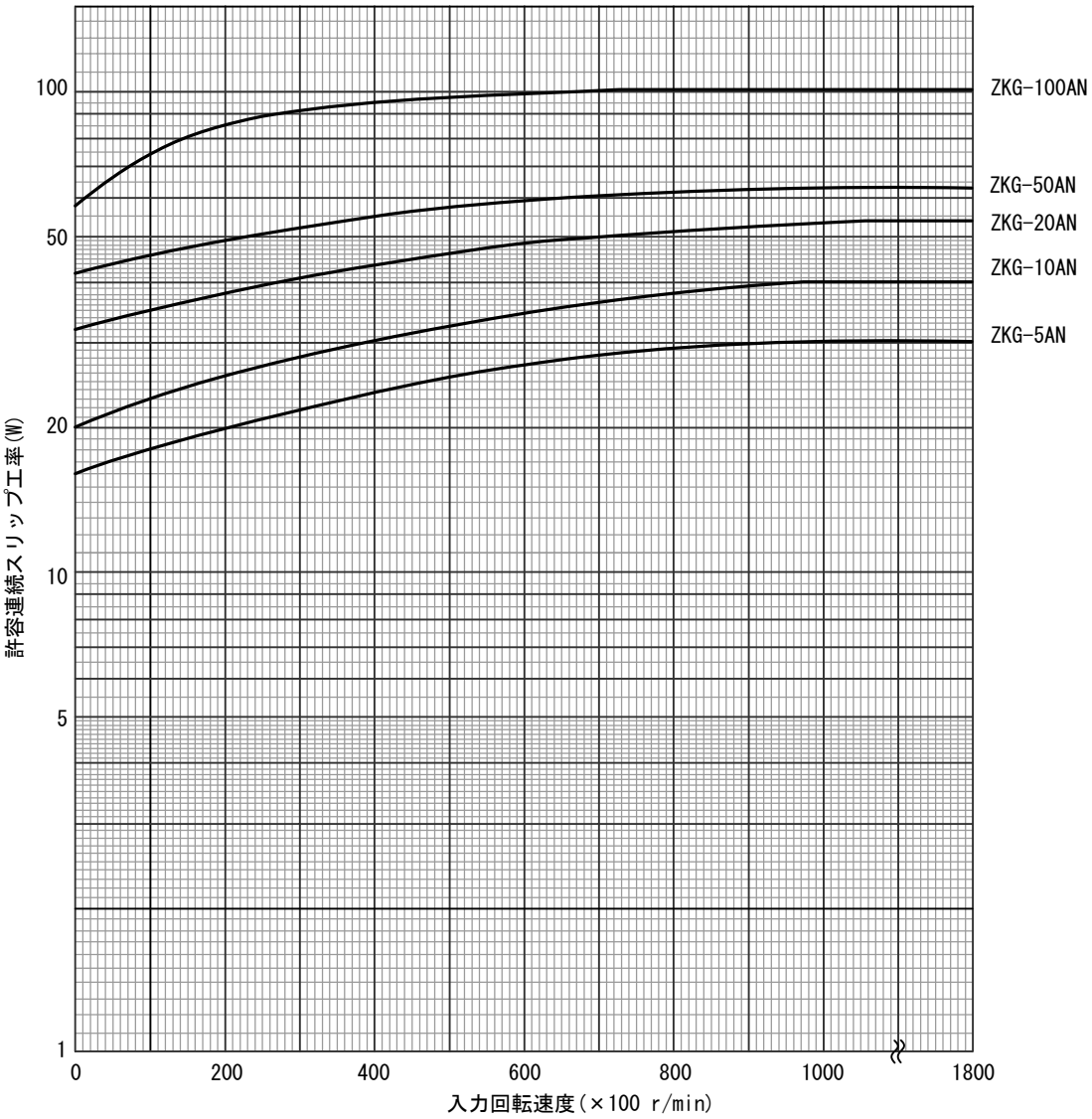
ZKB-HBN形パウダブレーキ



ZA-A1形パウダクラッチ



ZA-Y形パウダブレーキ



ZKG-AN形マイクロパウダクラッチ

31.使用上の注意

31.1 一般項目

(1) 入・出力側にご注意ください。

パウダクラッチは高速回転側が入力側となる正規の取付け状態で使用ください(ZA形は中空シャフトが出力側、ZKB形は本カタログの外形寸法図および名板に矢印で入力出力軸を指示しています)。連続空転使用での入出力逆取付使用はトルク特性、パウダ寿命の点において好ましくありませんので、推奨できません。
さらに、クラッチ・ブレーキとも水平軸で使用するのを原則としており、縦形で使用することはできません。
なお、次のような状態で使用する場合には使用条件とともに当方へご照会ください。

(a) ある角度傾斜して使用する場合
(b) 全体が公転する場合
(c) その他、低温仕様など特殊仕様の場合

(2) プーリ、カップリング、軸の取付け

製品へのプーリ、カップリングや軸の取付けのはめあいは、必ずすきまばめとして、取付けの際に無理な力が製品にかからないように注意してください。衝撃などを製品に加えた場合、製品内部のベアリングに傷がつき、早期に破損することがあります。

(3) 湿りにご注意ください。

パウダが湿りますと性能が不安定になりますので、内部に水、油などが浸入しないよう十分注意してください。特に、ギヤボックスに近づけて取り付けた場合には、シャフトを伝わって油が浸入することがありますのでシールは完全に行ってください。また、製品は密閉構造になっていませんので、オイルミストや油、水が直接かかるような環境下での使用はできません。

(4) 表面温度にご注意ください。

連続運転による表面最高温度は、下表の状態下で使用してください。この値を越えますと耐久性が非常に低下します。

パウダクラッチ・ブレーキの表面温度の限界(ステータ外周)

機種	限界温度(目安)
自然冷却 サーモブロック・水冷式ZKB-WN	100℃以下
強制空冷	70℃以下

ただし、周囲温度、冷却水温は30℃を基準とします。
前記限界温度は目安として考え、必ず許容連続スリップ工率内で使用願います。

31.2 定格トルクと定格電流の関係

(1) トルクは、出荷時点(ならし運転実施後)において定格電流を流すと定格トルクをかなり超えています(各機種ごとの標準トルク特性を参照ください)。これはパウダの経時劣化を見込んでトルクを高めに設定しているためで、ご使用にあたっては定格トルクを超えないよう電流を少なくしてご使用ください。

(2) 経時劣化によりトルク低下が発生しますが、電流を増加すればトルクも増加するため、安定したトルク伝達が可能です。ただし、電流は定格値を超えないようにしてご使用ください。

31.3 トルクについて

(1) 電流対トルク特性は、新品にてかつ200r/min時の標準値を記載しております。パウダは経時劣化しますので、この標準特性は変化してきます。トルク特性の変化は電流によって補正するようにしてください。

(2) トルクは電流によって容易に制御できますが、特に大形機種(トルク100N・m以上)を高速回転、かつ低電流で使用した場合、トルクが不安定になることがありますのでご注意ください。

(3) 高速回転にて ON/OFF 制御したとき、所定のトルクに達するまで相当の時間がかかることがありますので注意してください。

(4) 定格電流近辺のトルクばらつきは、製品個々について約±10%あります。製品間のバラツキは標準トルク特性に対して約±15%あります。したがって、クラッチ・ブレーキを並列運転などされる時は個々に電流が調整できるようにすることをお勧めします。

(5) トルク値はヒステリシスがあります。したがって、電流増減によりトルク差が発生しますのでご注意ください。

31.4 寿命について

(1) 巻取り、巻出し用に連続スリップとして使用した時、使用条件(相対スリップ速度など)によって変化しますが、一般的には許容連続スリップ工率で使用した場合、定格電流において定格トルクまで低下するパウダの寿命は約5000～8000時間となります。しかし定格トルク以下で使用される場合は、継続して使用可能ですので、さらに寿命は延びます。しかし、同じスリップ工率であってもスリップ回転速度、すなわち相対回転速度が比較的高い状態が連続している場合、寿命時間は短くなる傾向がありますので極力、相対回転速度が小さくなるよう設定してください。

(2) 許容連続スリップ工率に対して余裕をもたせて使用すると、パウダの寿命を延ばすことができます。例えば、許容連続スリップ工率の50%で使用したとすれば、寿命は約2倍以上になることもあります。

31.5 低速回転(15r/min以下)で運転する場合

張力制御等の連続運転の使用に際しては、安定したトルク特性を発生しますが、空転を伴う断続運転において電圧印加直後、ややトルクの立上りが遅い場合があります。それを避けるためには次のように使用してください。

(1) 巻出しが完了したときでも弱励磁(定格の5～10%電流)を続けておいてパウダを動作面から落ちないようにしておいてください。

(2) 増速して最低回転速度が15r/minにするようにしてください。ただし増速比が大きいとその増速機構の機械損などで正確なトルク制御ができなくなる場合がありますので注意してください。

(3) ZKB, ZKG, ZX シリーズは 5r/min 程度から使用可能です。

31.6 ならし運転を行ってください。

(1) 輸送中のショック等によりクラッチ・ブレーキ内部でパウダが偏在していますので、正規の運転に入る前にならし運転を行ってください。
(要領は取扱説明書を参照してください)

(2) 場合によってはパウダの偏在により軸の回転が重くなったり、ロック気味になったり、異音が発生することがありますが、このときは本体の外周をプラスチックハンマーで軽く衝撃を与えてください。いずれも運転しますと解消されます。

31.7 強制空冷の場合

(1) エアフィルタを設けてください。
冷却用エアとして使用する圧縮空気には、油や水分が含まれているのが普通ですから、必ずエアフィルタ(完全脱油式)を通した清浄な乾燥空気を使用してください。
(エアフィルタを通さない圧縮空気を使用しますと、水分や油分のためパウダが湿り、性能が著しく低下します)

(2) 配管が長い場合、分岐配管による場合はクラッチ・ブレーキの吸入管近辺にて規定量以上の風量が出ているか確認してください。

31.8 サーモブロック冷却式について

(1) 軸流ファン (ブロワ) を設けていますが、この軸流ファンの能力が低下しますと放熱が悪くなり、許容連続スリップ工率の低下をまねきますので、周囲には空間を設けて取り付けるようにしてください。
特に周囲環境が悪く、軸流ファンのガードに異物が付着する可能性がある場合は、定期的に清掃するようにしてください。

(2) ステータの外周等に温度を検出するサーマルスイッチを設けていますので、必ず警報装置などに接続するなどして検知するようにしてください。

31.9水冷の場合

(1) 排水コックを設けてください。

長期にわたって運転を中止し、内部に冷却水をためておきますと、防錆、防湿上好ましくありませんので給水側に排水コックを取り付け、冷却水が排水できるようにしてください。寒冷地などでは、休止中に冷却水が凍結してパウダブレーキの水路部を損傷することがありますので特にご注意願います。

また、冷却水路に発生した水あか(スケール)は定期的に除去してください。

(2) 断水時の保護回路を設けてください。

水冷式ブレーキは短時間でも断水しますと内部を焼損することがありますので、断水時の保護回路(フローリレー)を設けてください。

(3) 結露にご注意ください。

水冷式ブレーキは過冷却による結露防止のため下記の点にご注意ください(結露すると、パウダが湿り特性上好ましくありません)。

(a) 給水温は室温と同程度の水を供給してください。仕事量が少なく表面温度が40℃以下となる場合は給水量を減らしてください。

(b) 作業停止後は直ちに通水を停止してください。

(c) ターレットなどに使用される場合、使用されないブレーキには給水しないようにしてください。

(4) ZKB-WNシリーズの比較的大きなブレーキにおいて運転停止して長時間放置後、軸が回らない現象が生じることがあります。

これは高負荷で運転中に熱膨張していたドライブメンバが冷却時に収縮し、ドリブンメンバとの間(パウダギャップ)でパウダを噛み込むために発生する現象で、運転停止直後に軸を数回転させておけば防止できます。万一、回らなくなった場合は軸に取り付けてあるカップリングなどにプラスチックハンマなどで軽くショックを与えれば簡単に解除できます(ブレーキ本体や軸に直接大きなショックは絶対に与えないでください)。

31.10 選定について

(1) 許容連続スリップ工率内であっても、定格トルクを超えては使用できません。

(2) 張力の制御範囲が広い時、複数のクラッチを設置して切換え使用することがありますが、この時、使用しない方のクラッチの出力側が強制的に空転しないよう電磁クラッチなどで切り離してください。

(3) ギヤ比は5以下を推奨します。ギヤ比が大きいとメカロスの影響により制御が不安定となります。

31.11 起動時の異常トルクについて

(1) 運転パターン(回転の停止時にコイル電流をONした後に入力軸に回転を与える、もしくはコイル電流のONと同時に回転を開始する)によっては、起動時に所定より一時的に高いトルク(ピークトルク)が発生することがあります。特に電流OFF状態で振動が加わりますとパウダが偏在しますのでこの傾向は顕著に現れます。この対策にはクラッチ・ブレーキのコイルに停止中も弱励磁電流を流していると発生しにくくなります。

(2) パウダが湿りますと同様にピークトルクが発生することがありますが、この場合は製品交換が必要になる場合があります。

31.12 その他

(1) 高地になると気圧の関係上許容連続スリップ工率は低下しますのでご注意ください。本仕様は1000m以下に適用します。

(2) 保護形式はIP00です。したがって、パウダクラッチ本体からもパウダの酸化粉・微粉などが出ることがありますので完全に塵埃を嫌うところでは使用はできません。詳細はお問い合わせください(ヒステリシスクラッチでは酸化粉などは発生しません)。

(3) パウダクラッチ・ブレーキは、摩擦板式クラッチ・ブレーキのような連結音・制動音は発生しませんが、電磁力で連結したパウダの摩擦力でトルクを発生していますので、摩擦音が発生します。通常、一般の機械では問題にならないレベルの音ですが、製品内部でのパウダの分布状態、機械とのマッチングなどの影響で、この摩擦音が大きくなる場合があります。(通常、ならし運転の実施や、運転時間の経過により、この音は解消されます。)

(4) 異常な振動のない一般的な印刷機械、紙工機、包装機などの振動レベルでは問題ありませんが、衝撃力が働く機械では使用できません。

(5) クラッチ・ブレーキに電圧を印加すると磁束が発生しますが、その磁束により取付軸などは磁化されます。この磁化が問題となるようであれば非磁性材での取付けを推奨しますが、完全には無くすることはできません。ZKB形などの突出軸も磁化されますのでご注意ください。

ヒステリシスクラッチ・ブレーキ

1. 構造 …… 80
1.1 ZHA シリーズ …… 81
1.2 ZHY シリーズ …… 82
2. 動作特性 …… 83
3. 残留トルクリップル …… 84
4. 許容軸荷重について …… 86
4.1 ヒステリシスクラッチ（ZHA-0.6B ～ ZHA-5A1） …… 86
4.2 ヒステリシスクラッチ（ZHA-10A ～ ZHA-60A） …… 87
4.3 ヒステリシスブレーキ（ZHY-0.03B ～ ZHY-5A1） …… 87
4.4 ヒステリシスブレーキ（ZHY-10A ～ ZHY-60A） …… 87
5. ヒステリシスブレーキ公転使用時のベアリング疲れ寿命計算 …… 88
6. ヒステリシスクラッチ・ブレーキの選定要領 …… 91
6.1 巻出し側ヒステリシスブレーキ …… 91
6.2 巻取り側ヒステリシスクラッチ …… 91
6.3 コイル巻線機用ヒステリシスブレーキ …… 92
7. 許容連続スリップ工率 …… 93
8. 使用上の注意 …… 96
8.1 トルク特性について …… 96
8.2 一般項目 …… 96

ヒステリシスクラッチ・ブレーキ

1. 構造

ヒステリシスクラッチ・ブレーキの構造を図１、図２に示します。図３はトルクを発生する部分の断面図を示します。

まず、ヒステリシスクラッチは、ステータ、第１回転子（入力側）および第２回転子（出力側）の３つの部分で構成されています。

ステータは励磁コイルを内蔵し第１回転子は内外２つの磁極にて構成され、これらの磁極の間に第２回転子のカップ状の永久磁石（着磁されていない）が入っています。

以上のように構成されたヒステリシスクラッチのコイルに通電しますと永久磁石が着磁され、内外２つの磁極との間に吸引力が働きトルク伝達が行われます。

ヒステリシスブレーキは上記ヒステリシスクラッチのステータと第１回転子を固定したものです。

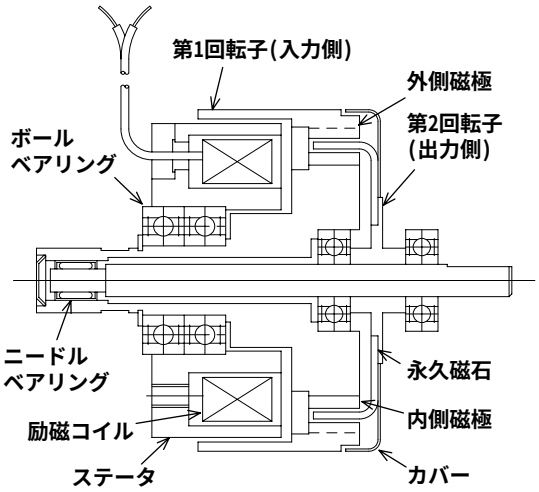


図１　ヒステリシスクラッチの構造（代表例）

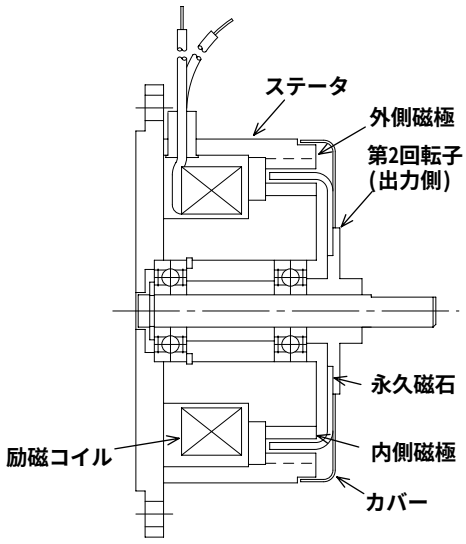


図２　ヒステリシスブレーキの構造（代表例）

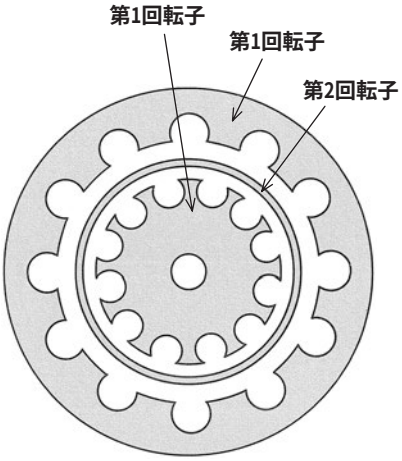


図３　トルク発生部の断面図

1.1 ZHAシリーズ

ZHA形ヒステリシスクラッチの構造は0.06～0.5N･m、
1～6N･mの2つに分けられます。

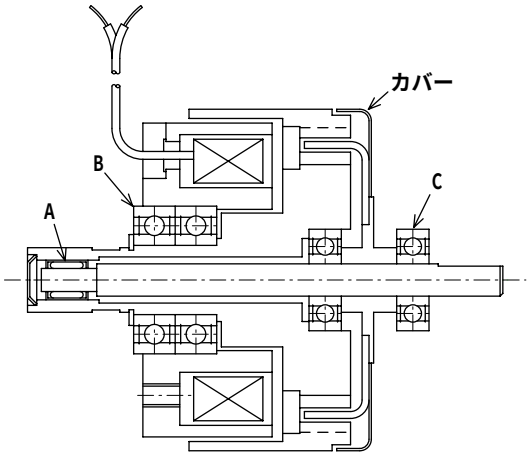


図4　ZHA - 0.6B～5A1形ヒステリシスクラッチの構造
(代表例) (ZHA - 0.6Bはカバーはありません)

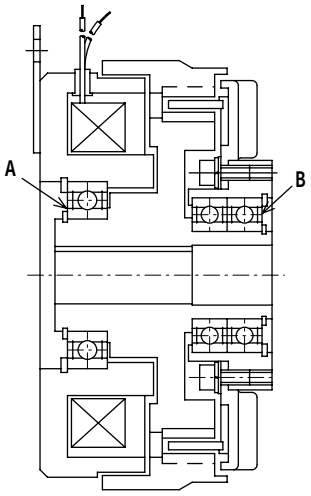


図5　ZHA-10～60A形ヒステリシスクラッチの構造
(代表例)

使用ベアリング一覧表

形名 記号	ZHA-0.6B	ZHA-1.2A1	ZHA-2.5A1	ZHA-5A1	使用数量 個/台
A	HK-0306	HK-0408	HK-0509	HK-0609	1
B	6800ZZ 6000ZZC3	6001ZZCM	6002ZZCM	6003ZZCM	2※
C	625ZZ, 696ZZ	626ZZ	627ZZ	628ZZ	2※

※ ZHA-0.6Bのベアリングは各1個です。
　ベアリングのグリースは特殊です。

使用ベアリング一覧表

形名 記号	ZHA-10A	ZHA-20A	ZHA-40A	ZHA-60A	使用数量 個/台
A	6005ZZCM	6007ZZCM	6009ZZCM	6010ZZCM	1※
B	6004ZZCM	6005ZZCM	6007ZZCM	6010ZZCM	2

※ZHA-60Aは2個/台
　ベアリングのグリースは特殊です。

1.2 ZHYシリーズ

ZHY形ヒステリシスブレーキの構造は0.003～0.5N･m、1～6N･mの2つに分けられます。

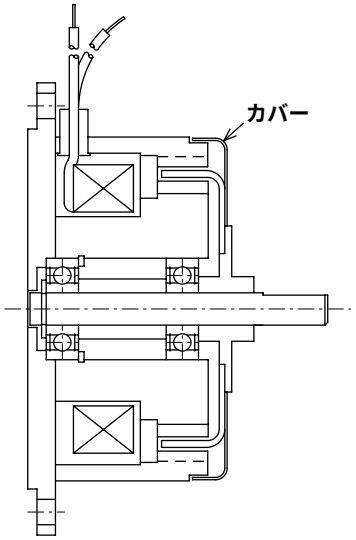


図6　ZHY-0.03B～5A1形ヒステリシスブレーキの構造 (代表例) (ZHY-0.03B～0.6Bはカバーはありません)

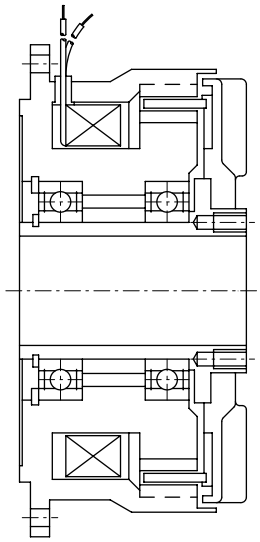


図7　ZHY-10A～60A形ヒステリシスブレーキの構造 (代表例)

使用ベアリング一覧表

ZHY-0.03B ZHY-0.08B	ZHY-0.3B	ZHY-0.6B	ZHY-1.2A1	ZHY-2.5A1	ZHY-5A1
692ZZ	694ZZ	696ZZ	626ZZ	627ZZ	628ZZ

ZHY-10A	ZHY-20A	ZHY-40A	ZHY-60A
6005ZZ	6008ZZ	6010ZZ	6013ZZ

ベアリングのグリースは特殊です。

2. 動作特性

起動時間を制御したいとき、高ひん度のくりかえし動作を検討するときに必要な動作特性を説明します。図１はヒステリシスクラッチの連結時と解放時の動作を示しています。励磁コイルに電圧を印加すると、励磁電流は励磁コイルの抵抗Ｒとインダクタンスｌによってきまる時定数(T＝L/R)によって指数関数的に上昇します。トルクは励磁電流のそれよりごくわずか遅れて、駆動側と被動側のスリップ回転速度に関係なく、励磁電流に追従して設定トルクまで上昇し、そのトルクで引き続き負荷を加速します。

いいかえれば、駆動側と被動側が完全連結しなくても、設定トルクまで立ち上ることが可能です。この特性はクラッチの熱容量の大きいことと合わせて、緩衝起動停止や高速起動停止に対して理想的な特性です。

とくに急速な連結や制動が要求される場合は、励磁コイルに直列抵抗を入れて時定数を小さくしたり、定格電圧の２～３倍の電圧をトルク時定数の時間だけ過励磁することによって、トルクの立ち上りを速くすることができます。定格励磁のときはコイルの時定数Tの約４～５倍でトルクは完全に立ち上ります。また反対に励磁を遮断したときにトルクが消滅するまでに要する時間は約1T程度です。

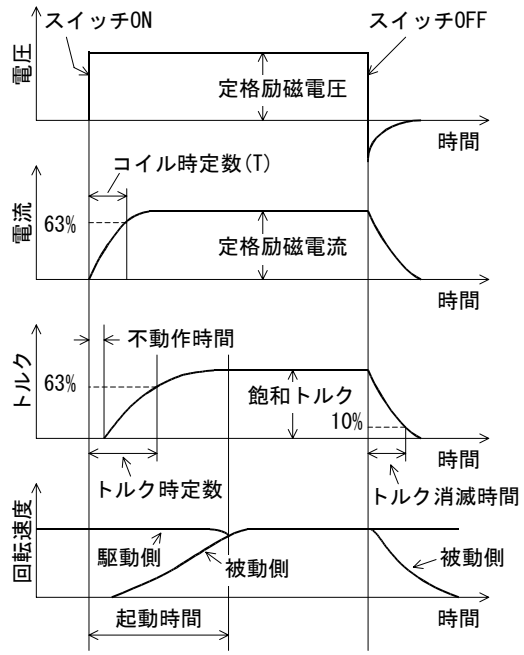


図１　ヒステリシスクラッチの動作特性

表１～表２に各シリーズのコイル時定数とトルク時定数を示します。

表１　ZHAシリーズ　コイル、トルク時定数

形名	コイル時定数(s)	トルク時定数(s)
ZHA-0.6B	0.02	0.05
ZHA-1.2A1	0.04	0.07
ZHA-2.5A1	0.05	0.10
ZHA-5A1	0.06	0.12
ZHA-10A	0.10	0.18
ZHA-20A	0.16	0.22
ZHA-40A	0.19	0.36
ZHA-60A	0.20	0.41

表2　ZHYシリーズ　コイル、トルク時定数

形名	コイル時定数(s)	トルク時定数(s)
ZHY-0.03B	0.01	0.02
ZHY-0.08B	0.01	0.02
ZHY-0.3B	0.02	0.03
ZHY-0.6B	0.03	0.05
ZHY-1.2A1	0.03	0.07
ZHY-2.5A1	0.06	0.09
ZHY-5A1	0.07	0.12
ZHY-10A	0.09	0.16
ZHY-20A	0.15	0.22
ZHY-40A	0.18	0.25
ZHY-60A	0.23	0.31

注１．スリップ回転速度200r/minの測定例です。

注２．第１回転子を入力とした場合の測定例です。

注３．コイル温度75℃の値を示します。

3. 残留トルクリップル

ヒステリシスクラッチ・ブレーキを使用する上で最も注意が必要なものの一つに、残留トルクリップルがあります。

残留トルクリップルとは、励磁電流を切っても、内部の永久磁石にＮ極Ｓ極の交番磁極が残り、回転させるとリップル状のトルクむらが残る現象のことです。

回転停止状態(ヒステリシスクラッチの場合は、第１回転子と第２回転子の間で相対回転がない状態も含む)で、励磁電流を遮断すると、残留トルクリップルが発生します。(図１)

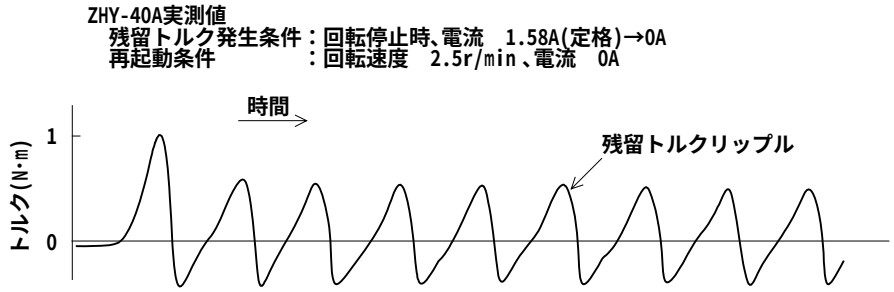


図1

再起動時に、遮断時の60～70%以上の電流で使用すれば、この残留トルクリップルの影響はありません。

残留トルクリップルは励磁電流を印加しない状態でも確認できますが、影響が顕著に表れるのは、遮断電流より低い電流で再起動したときです。図２に示すように、再起動時に大きなピークトルクが発生します。

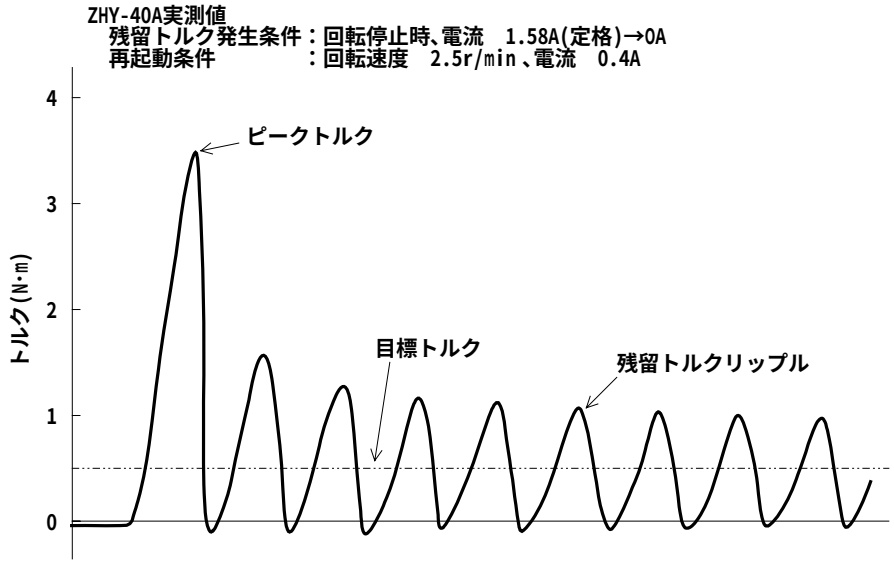


図2

残留トルクリップルが残っても、再び回転させながら励磁電流を上げ下げすれば、完全に残留トルクリップルを消すことができます。

ヒステリシスクラッチ・ブレーキを使用して、初期は問題なく張力制御できていたが、突然、残留トルクリップルの影響で、張力変動が大きくなったという場合には、回転停止中に通常使用しているより高い励磁電流が流れた可能性が考えられます。(残留トルクリップルは長時間使用により徐々に蓄積していくような性質のものではありません。)

残留トルクリップルの消去方法、発生の防止方法を次に挙げます。

①通常の使用において

回転速度(ヒステリシスクラッチの場合は、第１回転子と第２回転子の間で相対回転速度)が50r/min以上で励磁電流を遮断すれば、ほとんどの場合残留トルクリップルは残りません。

ただし、機種や電流の遮断速度によっては、若干、残留トルクが残ることがあります。このときは、さらに回転速度を増加する必要があります。

②回転速度が低い場合

相対回転速度が50r/min以下の場合には

10～50r/min　1秒

5～10r/min　5秒

5r/min以下　20秒以上

を目安に励磁電流を遮断すれば、残留トルクは残りません。

③励磁電流の逆方向印加

残留トルクリップルが残っている場合、遮断前電流値の30～50%の電流を逆方向に流します。ただし、この場合、入力回転子と出力回転子が互いにフリーであれば、磁極がずれて効果がありませんので、第１回転子と第２回転子が相対回転しないように保持しておく必要があります。

ただし機種や遮断電流値によって最適な逆電流値は異なるため、残留トルクリップルをある程度小さくすることはできますが、完全に消去するのは困難です。

4. 許容軸荷重について

ヒステリシスクラッチ・ブレーキの入力、出力の連結の際にプーリ等を使用する場合には、トルク伝達によって、軸に垂直方向のラジアル荷重Fが加わります。ヒステリシスクラッチ・ブレーキの製品内部にはベアリングを使用していますので、ベアリングの疲れ寿命からこのラジアル荷重Fの大きさを制限して使用する必要があります。(以下このラジアル荷重の許容値を許容軸荷重と呼びます)

ラジアル荷重Fは次式で計算します。

$$F=\frac{2T}{D}\times K \quad (N)$$

T: 伝達トルク(N・m)

D: プーリ径(m)

K: 荷重係数(タイミングベルト1.5、Vベルト2.5、スプロケット1.5)

ボールベアリングの基本定格寿命Lhbの計算式は

$$L_{hb}=500\times\frac{33.3}{n}\times\left(\frac{C}{F_0}\right)^3 \quad (h)\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

Lhb:ボールベアリングの基本定格寿命(信頼度90%)(h)

C :基本動定格荷重 (N)

n :回転速度 (r/min)

F0 :ボールベアリングに加わるラジアル荷重(N)

ニードルベアリングの基本定格寿命Lhbの計算式は

$$L_{hn}=500\times\frac{33.3}{n}\times\left(\frac{C}{F_1}\right)^{\frac{10}{3}} \quad (h)\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

Lhn:ニードルベアリングの基本定格寿命(信頼度90%)(h)

C :基本動定格荷重(N)

n :回転速度(r/min)

F1 :ニードルベアリングに加わるラジアル荷重(N)

次に各機種の許容軸荷重を示しますが、条件は次のとおりです。

① 許容軸荷重は軸強度、ベアリング許容ラジアル荷重のいずれか小さいほうの値を表します。

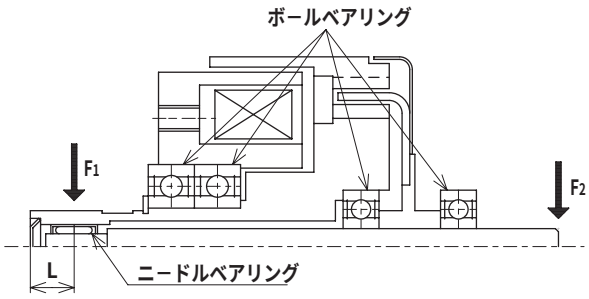
② ベアリング荷重は寿命15,000時間を基準しています。

③ 荷重作用点は軸端を基準としています。
(作用点が軸端より外にある場合は、許容値が小さくなるので注意してください。)

④ スラスト荷重は原則として受けることはできません。

4.1 ヒステリシスクラッチ (ZHA-0.6B～ZHA-5A1)

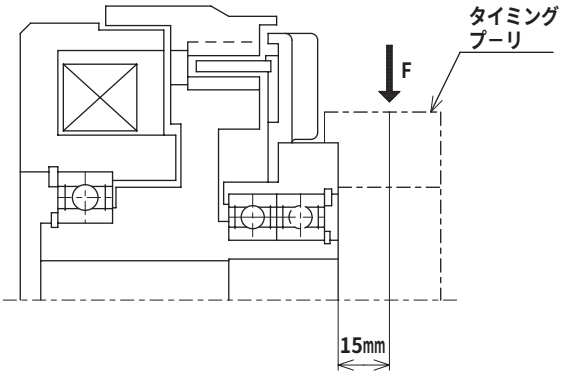
図に示すボールベアリングとニードルベアリングの構成になっています。図のF1、F2の位置での許容軸荷重を示します。



形名	L寸法(mm)	許容軸荷重 (N)									
		100 (r/min)		1000 (r/min)		1800 (r/min)		3000 (r/min)		3600 (r/min)	
		F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
ZHA-0.6B	7	315	49	160	49	135	49	116	49	110	48
ZHA-1.2A1	8	415	85	225	85	190	85	165	81	155	76
ZHA-2.5A1	8.5	680	120	340	120	285	120	245	115	230	110
ZHA-5A1	8.5	685	160	345	160	285	140	245	120	235	110

4.2 ヒステリシスクラッチ (ZHA-10A～ZHA-60A)

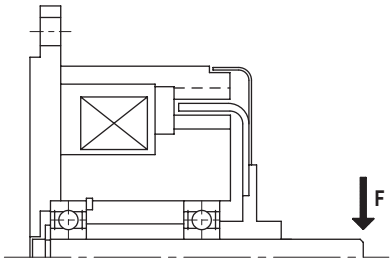
図に示すボールベアリングの構成になっています。
図のFの位置での許容軸荷重を示します。



形名	許容軸荷重F (N)			
	100 (r/min)	1000 (r/min)	1800 (r/min)	3000 (r/min)
ZHA-10A	690	320	260	220
ZHA-20A	740	340	280	230
ZHA-40A	1240	580	470	400
ZHA-60A	1760	820	670	560

4.3 ヒステリシスブレーキ (ZHY-0.03B～ZHY-5A1)

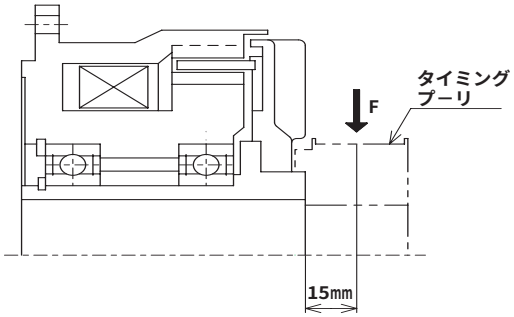
図に示すボールベアリングの構成になっています。図のFの位置での許容軸荷重を示します。



形名	許容軸荷重F (N)				
	100 (r/min)	1000 (r/min)	1800 (r/min)	3000 (r/min)	3600 (r/min)
ZHY-0.03B	8	8	8	8	8
ZHY-0.08B	8	8	8	8	8
ZHY-0.3B	29	29	29	29	29
ZHY-0.6B	49	49	49	49	49
ZHY-1.2A1	86	86	86	79	74
ZHY-2.5A1	120	120	120	105	100
ZHY-5A1	155	155	130	110	105

4.4 ヒステリシスブレーキ (ZHY-10A～ZHY-60A)

図に示すボールベアリングの構成になっています。図のFの位置での許容軸荷重を示します。



形名	許容軸荷重F (N)			
	100 (r/min)	1000 (r/min)	1800 (r/min)	3000 (r/min)
ZHY-10A	1010	460	380	320
ZHY-20A	1650	760	630	530
ZHY-40A	2280	1060	870	730
ZHY-60A	3470	1610	1320	—

5. ヒステリシスブレーキ公転使用時のベアリング疲れ寿命計算

撚り線機等に使用する場合のように本体が公転し、遠心力がかかる場合は遠心力による荷重を含めたベアリング疲れ寿命を検討する必要があります。

1. 取付例①

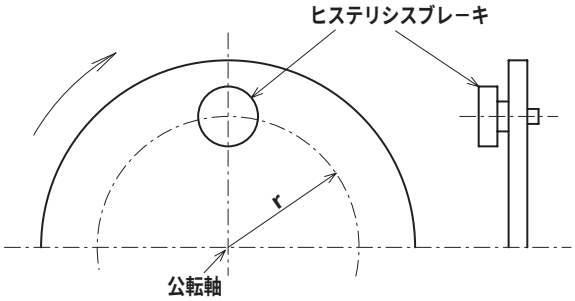


図1

(1)仕様

公転半径 r (m)

最大公転回転速度 n (r/min)

ヒステリシスブレーキの最大使用トルク T (N･m)

ヒステリシスブレーキの最大自転回転速度 N (r/min)

ベルト(プーリなど)＋ブレーキ回転部の質量 m (kg)

ベルト(プーリなど)のピッチ径 D (m)

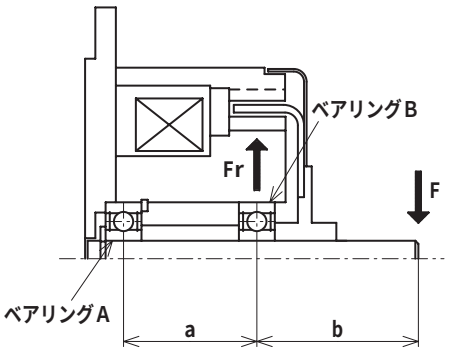


図2

(2)計算

荷重の厳しいベアリングBのみ検討します。

図1のような取付にて使用する場合、シャフト端(荷重作用点)にラジアル方向荷重F、ベアリングBにはラジアル方向荷重Frが加わります。

シャフト端(荷重作用点)に加わるラジアル方向荷重Fは以下の3種類の荷重が考えられます。

① ベルト(プーリなど)＋ブレーキ回転部の遠心力による荷重Fa

$$Fa=mr\omega^2=m\times r\times\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \text{ (N)} \cdots\cdots (1)$$

② ベルトやプーリ伝動による荷重Ft

$$Ft=\frac{2T}{D}K \text{ (N)} \cdots\cdots (2)$$

K: 荷重係数(タイミングベルト 1.5、V ベルト 2.5、スプロケット1.5)

③ ベルト(プーリなど)＋ブレーキ回転部の質量による荷重Fp

$$Fp=m\times 9.8=9.8m \text{ (N)} \cdots\cdots (3)$$

したがって、シャフト端(荷重作用点)に加わるラジアル方向荷重Fは(1)(2)(3)式の和となります。

$$F=Fa+Ft+Fp \text{ (N)} \cdots\cdots (4)$$

シャフト端(荷重作用点)にラジアル方向荷重Fが加わった場合のベアリングBに加わるラジアル方向荷重Frは

$$Fr=F\times\frac{a+b}{a} \text{ (N)} \cdots\cdots (5)$$

ベアリングBの疲れ寿命Lh(信頼度90%)は(6)式で求めることができます。

$$Lh = \frac{10^6}{60N}\left(\frac{Cr}{Fr}\right)^3 \quad (h) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

Cr：ベアリングBの基本動定格荷重（N)
Fr：ベアリングBに加わるラジアル方向荷重（N)

当社基準は疲れ寿命15,000時間以上とします。

荷重作用点がシャフト端ではない場合は、図２中のbの寸法を変更して計算します。

２．取付例②

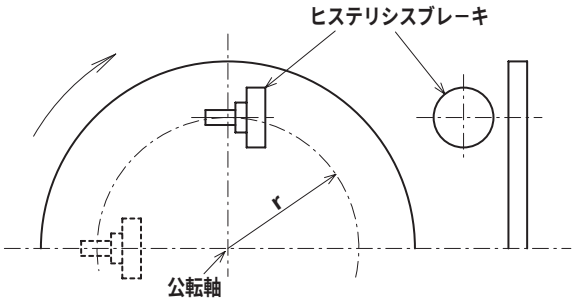


図３

(1)仕様

公転半径 r（m)
最大公転回転速度 n（r/min)
ヒステリシスブレーキの最大使用トルク T（N･m)
ヒステリシスブレーキの最大自転回転速度
N（r/min)
ベルト(プーリなど)＋ブレーキ回転部の質量
m（kg)
ベルト(プーリなど)のピッチ径 D（m)

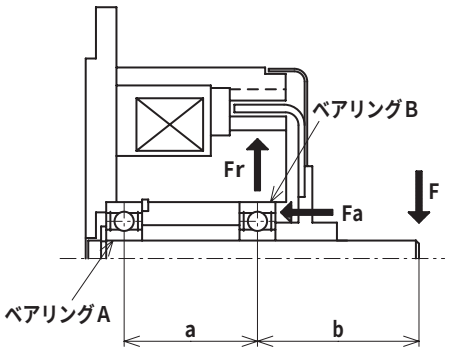


図４

(2)計算

荷重の厳しいベアリングBのみ検討します。
図３のような取付にて使用する場合、シャフト端(荷重作用点)にラジアル方向荷重F、ベアリングBにはラジアル方向荷重Frの他に遠心力によるアキシアル方向荷重Faが加わります。

シャフト端(荷重作用点)に加わるラジアル方向荷重Fは以下の２種類の荷重が考えられます。

① プーリ(ギヤ)伝動による荷重Ft

$$Ft=\frac{2T}{D}K \quad (N) \cdots\cdots (1)$$

K: 荷重係数(タイミングベルト 1.5、V ベルト 2.5、スプロケット1.5)

② プーリ(ギヤ)＋ブレーキ回転部による荷重Fp

$$Fp=m\times 9.8=9.8m \ (N) \cdots\cdots (2)$$

したがって、シャフト端(荷重作用点)に加わるラジアル方向荷重Fは(１)(２)式の和となります。

$$F=Ft+Fp \ (N) \cdots\cdots (3)$$

シャフト端(荷重作用点)にラジアル方向荷重Fが加わった場合のベアリングBに加わるラジアル方向荷重Frは

$$Fr=F\times\frac{a+b}{a} \quad (N) \cdots\cdots (4)$$

ベアリングBに加わるベルト(プーリなど)＋ブレーキ回転部の遠心力によるアキシアル方向荷重Faは

$$Fa=mr\omega^2=m\times r\times\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \quad (N) \cdots\cdots (5)$$

ベアリングBの疲れ寿命Lh(信頼度90%)は次式で求めることができます。

$$Lh=\frac{10^6}{60N}\left(\frac{Cr}{P}\right)^2 \quad (h) \cdots\cdots (6)$$

Cr :ベアリングBの基本動定格荷重 (N)
P :ベアリングBの動等価荷重 (N)

ベアリングBの動等価荷重Pは次式にて求めます。

$$P=XFr+YFa \ (N) \cdots\cdots (7)$$

X、Yは表１にて求めます。
表１中のCorはベアリングBの基本静定格荷重 (N) です。

$\frac{Cor}{Fa}$	e	$\frac{Fa}{Fr}\leqq e$		$\frac{Fa}{Fr}>e$	
		X	Y	X	Y
5	0.35	1	0	0.56	1.26
10	0.29	1	0	0.56	1.49
15	0.27	1	0	0.56	1.64
20	0.25	1	0	0.56	1.76
25	0.24	1	0	0.56	1.85
30	0.23	1	0	0.56	1.92
50	0.20	1	0	0.56	2.13
70	0.19	1	0	0.56	2.28

表１

当社基準は疲れ寿命15,000時間以上とします。

荷重作用点がシャフト端ではない場合は、図４中のbの寸法を変更して計算します。

6. ヒステリシスクラッチ・ブレーキの選定要領

選定は、パウダクラッチ・ブレーキと同じ要領で行います。詳細は41ページを参照してください。

6.1 巻出し側ヒステリシスブレーキ

糸の巻取機の巻出し側ブレーキとして、どのような形名を使用すればよいか。

(1)仕様

ライン速度V　　:400m/min
張力F　　:7N　但し300本分
巻出しロール径D_1　:660mm
D_2　:110mm

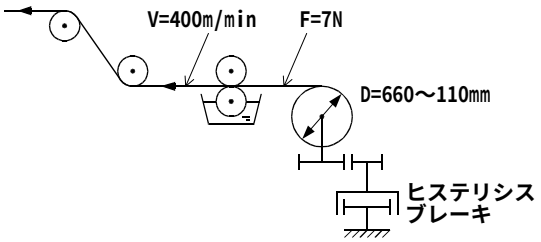


図1　ヒステリシスブレーキの巻出し張力制御

(2)計算

巻出し初期の巻出し軸での所要トルクT_1、スリップ回転速度N_1、最終時のそれぞれをT_2、N_2として、連続スリップ工率をPとすると、

$$T_1 = \frac{D_1}{2} \times F = \frac{660 \times 10^{-3}}{2} \times 7 = 2.31\text{N·m}$$

$$N_1 = \frac{V}{\pi D_1} = \frac{400}{\pi \times 660 \times 10^{-3}} = 193\text{r/min}$$

$$T_2 = \frac{D_2}{2} \times F = \frac{110 \times 10^{-3}}{2} \times 7 = 0.39\text{N·m}$$

$$N_2 = \frac{V}{\pi D_2} = \frac{400}{\pi \times 110 \times 10^{-3}} = 1158\text{r/min}$$

$$P = 0.105 \times T \times Nr = 0.0167 \times F \times V$$
$$= 0.0167 \times 7 \times 400 = 47\text{W}$$

以上の計算結果よりスリップ工率47W以上のものが必要であり、かつトルク容量を満足するものとして、ZHY-10A形ブレーキを巻出し軸より2.4倍増速して使用できます。

6.2 巻取り側ヒステリシスクラッチ

電線の巻取機のクラッチとしてどの形名を使用すればよいか。

(1)仕様

ライン速度V　　:200m/min
張力F　　:0.2〜0.8N
巻取りロール最小径D_1　:60mm
巻取りロール最大径D_2　:160mm

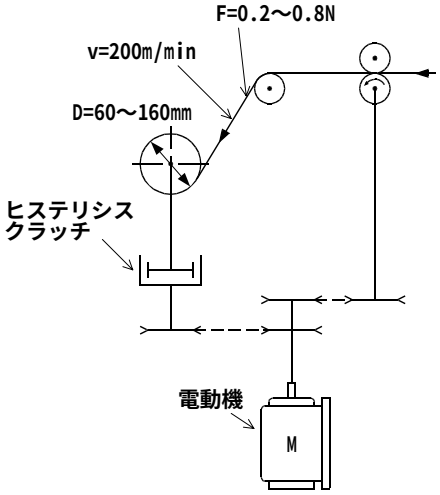


図1　ヒステリシスクラッチの巻取り張力制御

(2)計算

巻始めロール回転速度N_1、巻取り所要トルクT_1、巻終り時のそれをN_2、T_2とし最大スリップ工率をPとすると、

$$N_1 = \frac{V}{\pi D_1} = \frac{200}{\pi \times 60 \times 10^{-3}} = 1061\text{r/min}$$

$$T_1 = \frac{D_1}{2} \times F = \frac{60 \times 10^{-3}}{2} \times 0.8 = 0.024\text{N·m}$$

$$N_2 = \frac{V}{\pi D_2} = \frac{200}{\pi \times 160 \times 10^{-3}} = 398\text{r/min}$$

$$T_2 = \frac{D_2}{2} \times F = \frac{160 \times 10^{-3}}{2} \times 0.8 = 0.064\text{N·m}$$

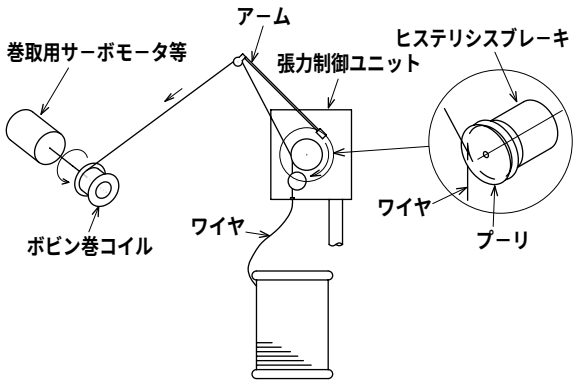
クラッチの入力回転速度を1,061×1.1≒1,200r/minとすると最大スリップ工率は、

$$P = 0.105 \times Nr \times T = 0.105 \times (1{,}200\text{-}398) \times 0.064$$
$$= 5.4\text{W}$$

以上の計算結果よりトルク容量、スリップ工率が満足するものとしてZHA-1.2A1形クラッチが使用可能です。

6.3 コイル巻線機用ヒステリシスブレーキ

図のようなボビン巻コイル巻線機の張力制御ユニットに使用するヒステリシスブレーキを選定します。



(1)仕様

ライン速度　V ：400m/min

張力　　F ：0.7～0.8N

プーリ径　　D ：32mm

(2)計算

トルクT

$$T=F\times\frac{D}{2}=(0.7\sim0.8)\times\frac{32\times10^{-3}}{2}$$

$$=0.011\sim0.013 \quad (N\cdot m)$$

回転速度N

$$N=\frac{V}{\pi\times D}=\frac{400}{\pi\times32\times10^{-3}}=3979 \quad (r/min)$$

スリップ工率P_{max}

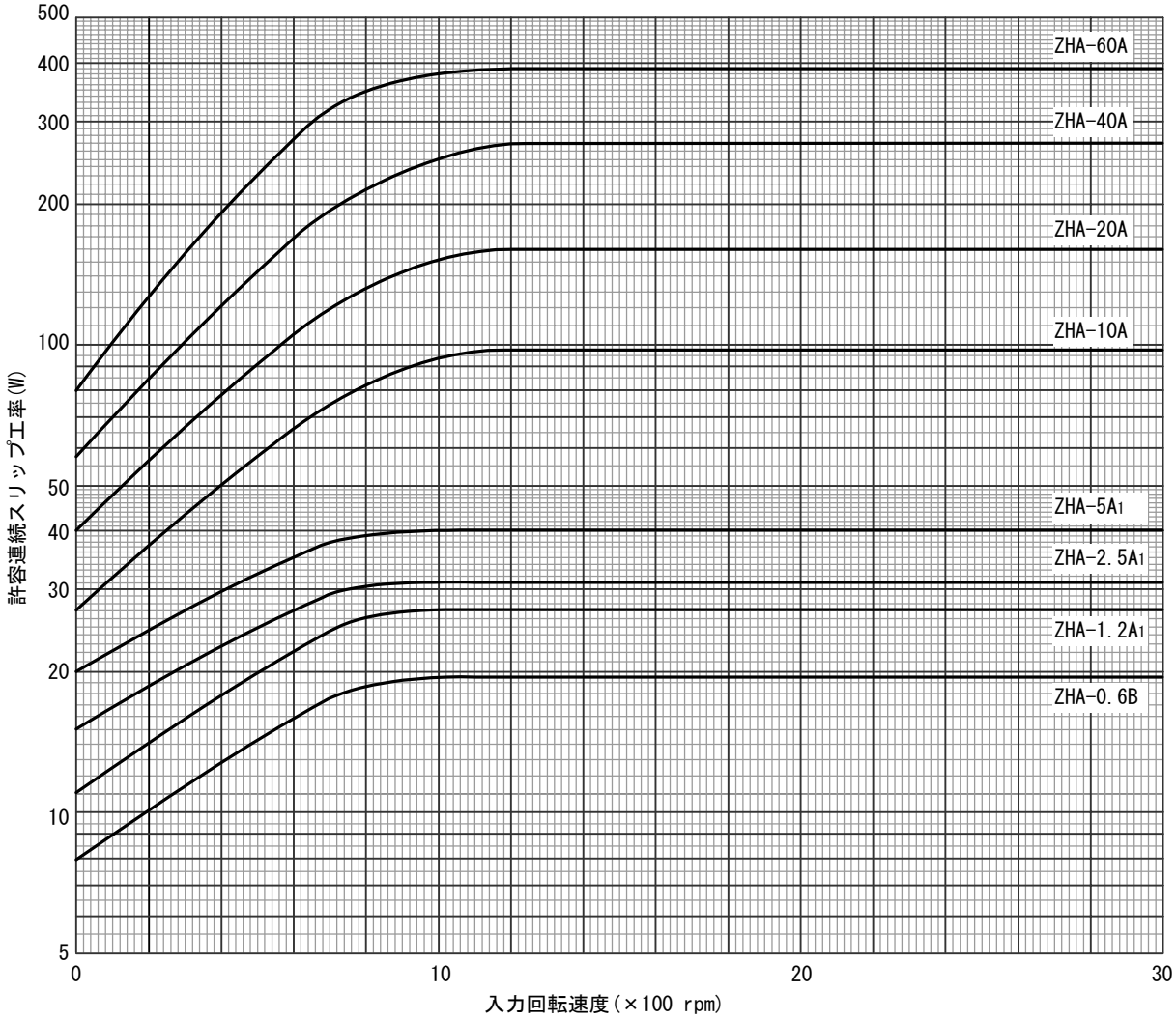
$$P_{max}=0.0167\times F_{max}\times V_{max}=0.0167\times0.8\times400$$

$$=5.34(W)$$

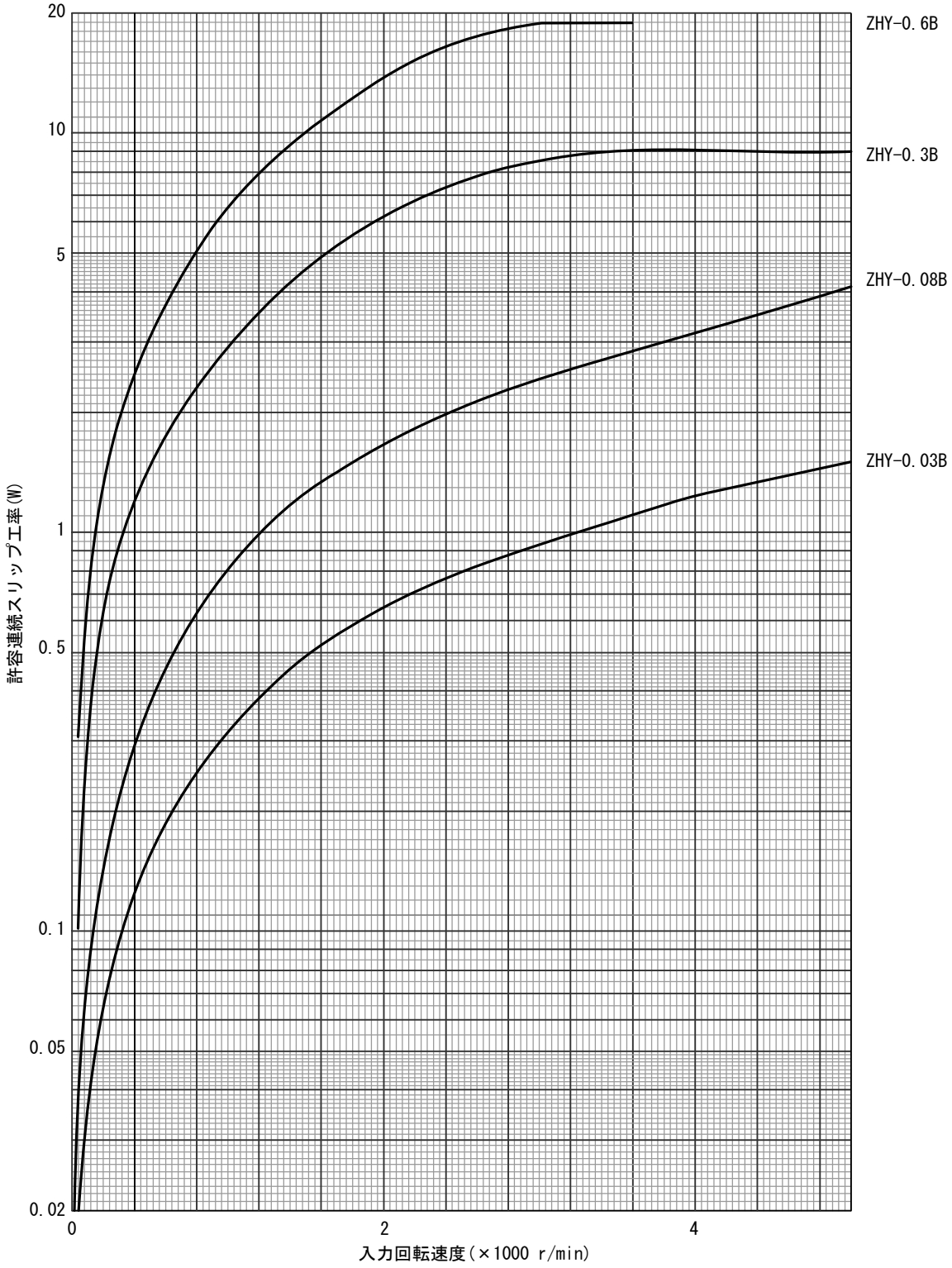
ZHY-0.3B(定格トルク0.03N・m、許容回転速度5000r/min、許容連続スリップ工率9W)を選定します。

起動時のワイヤの断線を防止するため、慣性モーメントが小さくなるようなプーリの材料、形状を採用する必要があります。

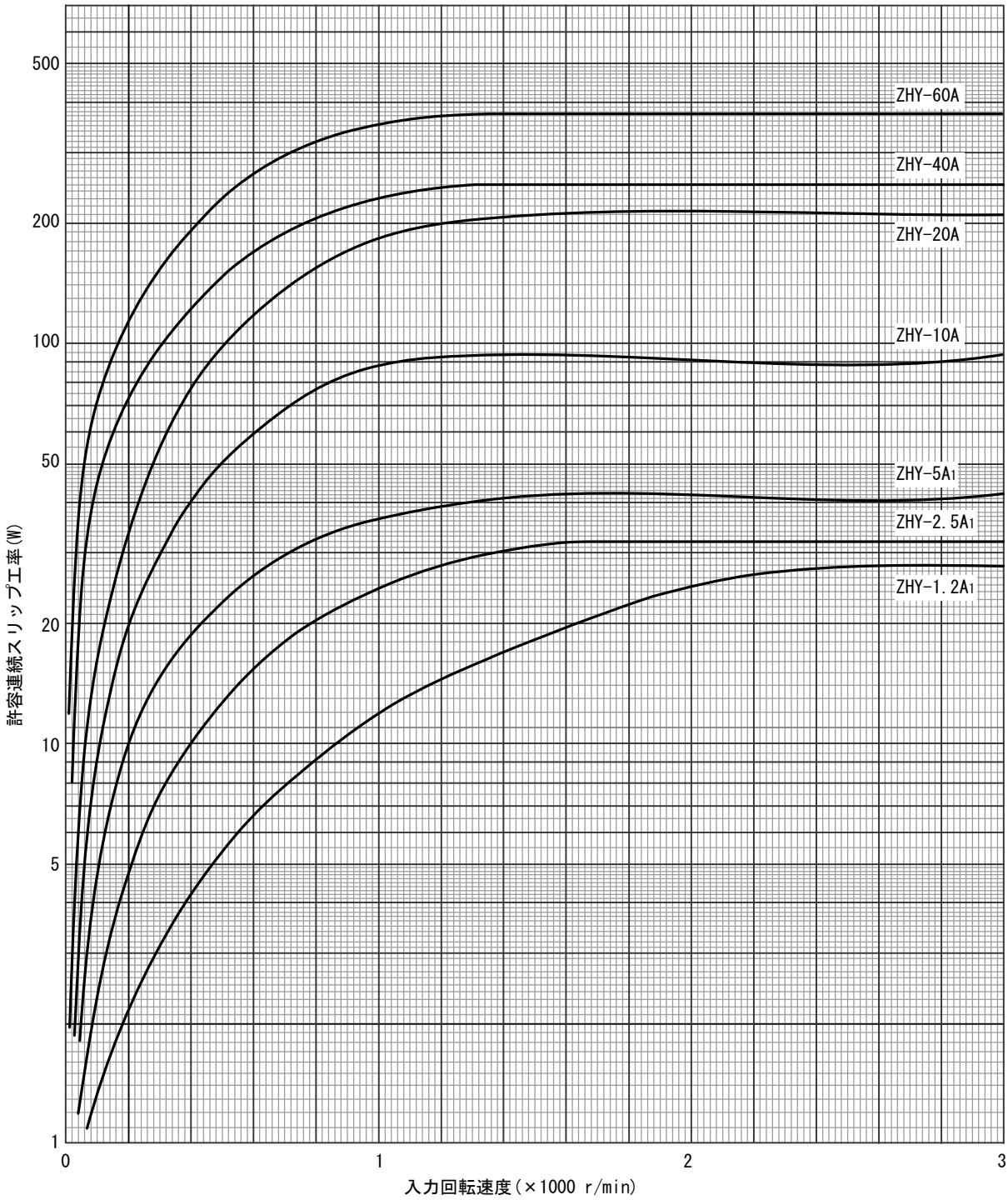
7. 許容連続スリップ工率



ZHA形ヒステリシスクラッチ



ZHY-B形ヒステリシスブレーキ



ZHY-A形ヒステリシスブレーキ

8. 使用上の注意

8.1 トルク特性について

(1) 電流―トルク特性は標準カーブを記載しています。製品個々のバラツキ(反復性)は非常に安定していますが、製品間は定格電流近辺にて約±20%程度ある時もありますので、並列使用される時は個々の製品の電流を調整できるようにしてトルク調整することをお勧めします。

(2) トルク値はヒステリシスがあります。したがって、電流増減によりトルク差が発生しますのでご注意ください。
ただし、反復性は安定しています。

(3) 電流一定でも回転速度が増加するとトルクは若干増加傾向にあります。

(4) 電圧制御にするとコイル抵抗の変化により電流が変化しますので、当然トルクも変化します。したがって、電流制御を推奨します(コントローラ LE-50PAUなど)。

(5) 下記のような制御を行うと残留リップル(コギング)が発生します。

①回転停止後電流を OFF し、その後空転した場合空転トルクにリップルが発生する。

②回転停止後電流を OFF し、その後電流値を OFF 前の約70%以下にするとOFF前のトルクが一瞬高く出る。その後も若干リップルが出る。この電流がさらに低いとこの現象は顕著に現れる。特にクラッチ・ブレーキに過電圧を印加した時は更に顕著に現れます。

なお、この現象は継続します。

(注) 停止の中には第1回転子と第2回転子の相対速度がない状態も含む。

対策としては下記がありますが、機械とのマッチングもありますのでこの現象が問題となるかどうかはシステムとしてご確認をお願いします。

①50r/min 以上で回転中に電流を OFF する(手動で回転させて電流をOFFする方法も効果があることがある)。

②遮断する前の電流値の 30 ～ 50%の電流を逆方向に流す。
ただし、入出力の極がずれないようにする必要がある。また、完全に消去することは困難です。

なお、このリップル現象は全てのヒステリシス式クラッチ・ブレーキに発生します。

(6) 第2回転子側の取付板の材料が非磁性材となると標準トルク特性よりトルクが高くなることがあります。

(7) トルクは電源の極性、シャフトの材質等により変化する場合があります。また、低電流域ほど影響は大きくなります。

8.2 一般項目

(1) 電流が流れると磁束が発生しますが、漏れ磁束もあるため本体の周囲に鉄粉などがあると吸着されロック、異音などが発生して異常となりますので、周囲環境にご注意ください。特にZHA-0.6B、ZHY-0.6 B 以下については、構造上動作面にカバーがありませんのでご注意ください。

(2) ZHA-5A1以下の機種では第2回転子がシャフトと共に本体から抜けることがありますが、異常ではありません。取扱い時落下させないようご注意ください。

(3) 保護形式はIP00です。

Q & A

1. 性能 ····· 98
2. 低高速回転使用 ····· 99
3. 弱励磁使用 ····· 99
4. メンテナンス ····· 100
5. コイルと電流 ····· 100
6. 取付 ····· 101
7. 冷却 ····· 101
8. 環境性 ····· 103
9. 選定 ····· 103
10. 電源装置 ····· 103
11. その他 ····· 104

Q & A

1. 性能

Q1 トルクバラツキはどれくらいか？(製品１個と製品間とで)

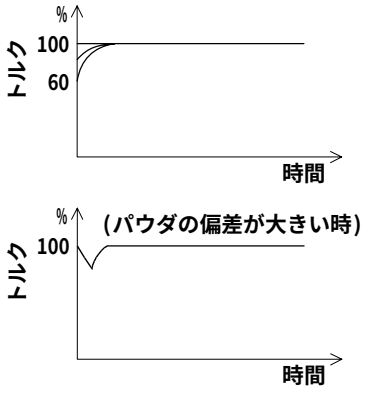
A 製品１個についてのトルクバラツキ(ただし定格電流近辺のとき)は±10%、製品間で±15%程度あります。

Q2 パウダクラッチのトルク制御範囲はどれくらいか？手動のときと、自動のときの違いは？

A ・手動制御、巻径検出式テンコン
励磁電流－トルク特性の直線性の良い定格トルクの5～100%での使用を推奨します。5%以下でも使用可能ですが、制御性が悪くなります。
・張力フィードバック式自動制御
製品の空転トルクから定格トルクまでの範囲で使用できます。通常、空転トルクは、定格トルクの2%程度ですが、機種によって空転トルクは異なりますので、カタログの仕様欄を参照してください。

Q3 静止連結された状態において、スリップ回転を与えるとトルクはどうなるか？

A 静止時の励磁 (連結) 前のパウダ分布によってスリップ開始時のトルクは正常(ならし運転後)トルクの60～100%発生し、起動後のスリップにより、パウダ分布が良くなり、下図のように正常にトルクに近づきます。



なお、励磁遮断中の空転などによりパウダの偏在が大きいとき、あるいはパウダが湿ったとき、起動時にピークトルク(ひっかかり現象)の出ることがあります。この様な時は弱励磁をするか、または、クラッチ・ブレーキが回転後、励磁をONすることで解消します。

Q4 スリップ0でもトルク伝達可能か？

A Q3の静止連結と同様です。
トルク伝達可能ですが、所定トルク(正常トルク)の60～100%の連結力となります。このとき、スリップすれば所定のトルクに近づくことになります。

Q5 モータのトルク測定用に使用し、クラッチの電流を測定してカタログの標準トルク特性からトルクを求めたいが？

A 製品間でトルクのバラツキがあるので目安程度にしかなりません。なお、正確にはトルクメータ、ばねバカリ等を使用して測定してください。

Q6 機械製作時にならし運転をすれば、据付後のならし運転は不要か？

A 機械を運搬する際の振動により、パウダが偏在しているため必要です。

Q7 巻取り用にパウダクラッチを使用中、電源装置のボリューム位置が同じところで巻き取れなくなったが？

A パウダが劣化してきています。電圧を上げれば補正できますが、DC24Vを印加しても巻き取れなければ寿命と考えてください。

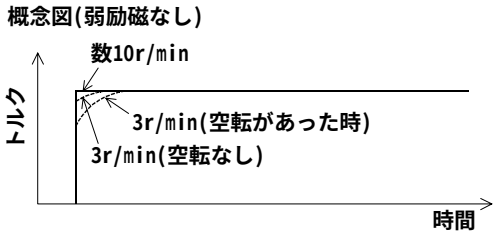
Q8 ヒステリシスクラッチ・ブレーキで通電を停止しても、コクコクする感じがあるが何か？

A 残留トルクリップルが原因です。回転している状態で電流を切れば発生しません。

2. 低高速回転使用

Q1 低速回転で使用した時、どういう現象が出るか？

A 極端な低速回転、例えば 3r/min 程度で説明しますと(ただし、ならし運転は完了しているものとします)右図のようにトルクの立上がりに時間がかかると考えてください。
つまり遠心力によるパウダの分布作用が得られませんので、無励磁にて停止中に動作面から落ちた、いくらかのパウダが均一に分布するまでに時間がかかるわけです。
また、定常時のトルクバラツキが大きい場合があります。この場合弱励磁で解消します。



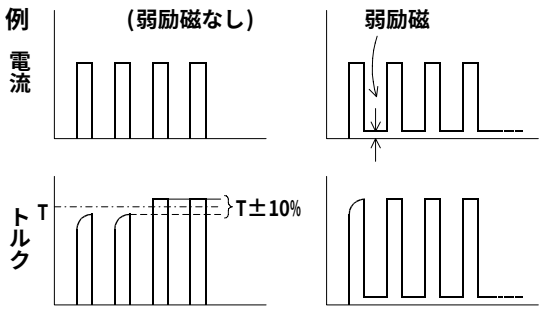
3. 弱励磁使用

Q1 弱励磁とはどういうことですか？

A 弱励磁とは一般に定格電流の5～10%程度の励磁を、クラッチ・ブレーキの停止中または空転中に行うことです。
(弱励磁電流が大きい程安定するので、実機運転上許される範囲で10%以上励磁しても差支えありません。)

Q2 弱励磁して使用するとどんなメリットがあるか？

A ならし後弱励磁することで常にパウダを動作面に保持できますので、次のメリットがあります。
- トルク再現性が非常に良くなります。
- 起動時のトルクのひっかかりがなくなります。
- 低速回転でもトルクの立上がりが早くなります。



Q3 弱励磁はすべてに必要か？

A 通常次の場合を除き、弱励磁は不要です。
- 作業上、軸の空転、衝撃がある場合に、起動時のトルクひっかかりを防止するとき。
- トルクの再現性を特に重視するとき。
- 極低速運転や公転使用等のパウダが正規に分布しにくい使用条件のとき。

4. メンテナンス

Q1 パウダの材質は？

A パウダはステンレス鋼の一種ですが、パウダクラッチ用として、特に高透磁率で残留磁気が少なく、耐熱性、耐摩耗性の高いものを使用しています。
大きさは50μm程度です。

Q2 パウダの寿命 (オーバホール時期) はどうして判断するのか？

A パウダは長期間使用すると、酸化が進行して摩耗し、発生トルクが小さくなります。色は酸化するにしたがって、灰色－黒灰色－黒褐色－茶褐色－赤褐色と変化します。寿命の目安としてはトルクが初期から30%以上低下した時点としてください。
トルク測定が困難な場合は「製品の仕上がり状態」「ボリュームをいっぱい上げてもトルクが足りない」など励磁電流で判断してください。

Q3 パウダの寿命 (オーバホール時期) はどれ程か？

A パウダの寿命は、使用条件により大きく異なりますが、短くて5,000～8,000Hr長ければ15年間ノーメンテナンスという例もあります。

Q4 ZKG形は修理可能か？

A 製品交換となります。(ZX形も修理できません)

5. コイルと電流

Q1 コイルに＋－はあるか？

A パウダクラッチ・ブレーキには直流電圧を印加しますが、極性はありません。

Q2 コイルに始動電流が流れるか？

A 原理的にモータのような始動電流が流れることはありません。

Q3 室温20℃の時DC12V印加すると何アンペア流れるか？40℃では？

A コイル温度と抵抗には次の関係があります。

$$\frac{R1}{234.5+t1}=\frac{R2}{234.5+t2}$$

温度t1℃の時の抵抗をR1Ω
温度t2℃の時の抵抗をR2Ω

よって、ある温度txの時の抵抗Rx、電流Ixは

$$Rx(\Omega)=\frac{234.5+tx}{234.5+t1}\times R1$$

$$Ix(A)=\frac{E}{Rx}$$ E:印加電圧(V)となります

[参考例としてZKG-10YNの場合]
カタログより
75℃の時のコイル抵抗は $\frac{24(V)}{0.42(A)}=57\Omega$

20℃の時は

$$R20=\frac{234.5+20}{234.5+75}\times 57=46.9(\Omega)$$

$$I20=\frac{12}{46.9}=\boxed{0.26(A)}$$

同様に40℃の時は

$$I40=\boxed{0.24A}$$

ただし、通電およびスリップによる発熱でコイル温度がすぐ上昇を始めるので、定電圧電源の場合電流は下がってきます。
なお、カタログにはコイルが 75 ℃の場合にDC24Vを印加した時の電流値を記載しています。
20℃の電流値はこれの1.22倍です。

6. 取付

Q1 機械に装着後、シャフトを手で回すと重い？また、製品間のバラツキも多い。なぜか？

A ならし運転前のパウダの偏在と軸径の細かいシャフトを回すため重く感じます。
また、偏在の度合いも異なるためバラツキも大きくなります。
ならし運転後再度確認してください。(シールのなじみもつき、軽くなります。)

Q2 パウダクラッチを軸垂直取付使用したいが？

A パウダの均一な分布が得られないので使用できません。

Q3 弾性カップリングが使用できない。芯出しはどれくらいにすれば良いか。

A 偏心は0.04mm以下にしてください。

Q4 入出力逆で使用可能か？

A 使用は可能ですが、耐久性・トルク安定性の面から推奨できません。また、この場合、カタログの許容連続スリップ工率線図における入力回転速度は、出力回転速度となります。

Q5 衝撃を加えるとなぜいけないか？

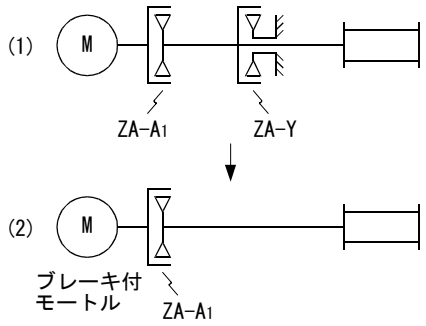
A パウダの均一分布性がそこなわれます。
またベアリングが早期破損することもあります。

Q6 ZKB-40BN で、取付板を片側だけで使用したいが？

A 剛性上、ZKB-5BN 以上の機種は両面取付としてください。

Q7 巻替機(巻取、巻出を行う)で1つの軸にZA-A1形とZA-Y形をつけたいがよいか？

A 空転による悪影響を避けるため下図(2)のようにし、ZA-A1形クラッチで、巻取り用クラッチと巻出し用ブレーキを兼ねてください。



Q8 ZKB-10XNが無いため、ZKB-10BNをブレーキとして使用可能か？

A 出力側を固定すれば使用可能です。

Q9 ZKB-HBN形のファンの取付けを逆にしたらどうなるか?

A 許容連続スリップ工率が大幅に低下するため使用できません。

7. 冷却

Q1 水冷パウダブレーキの配管を3台直列にしたいが？

A 水冷で使用する場合、結露、過熱を防ぐ必要があります。
また、入口と出口との水温差は通常2～5℃あります。よってブレーキの仕事量との兼ね合いですが1台目で結露せず、3台目で過熱しないよう水温、水量を調節する必要があります。以上から管理上、同じ使用条件の場合にかぎって、直列2台にとどめるのがベターです。(片側ブレーキのみ休止する時がある場合は不可)

Q2 水冷式での水温はどの程度がよいか？

A できるだけ室温と同程度の水を供給してください。

Q3 冷却水温の基準は 30 ℃とあるが、下限は？また夜間は止められないが？

A 結露防止の為、水温と室温の差が 10 ℃以下となるようにしてください。また、カタログ記載の許容連続スリップ工率は水温30℃室温40℃を基準としています。

過冷却による結露により、パウダ湿り等の不具合を防ぐために作業終了後はただちに休止してください。

作業終了後、給水を休止する時間は室温と水温の関係により異なりますが、特に室温と水温の差が10℃程度と大きい場合は5分以内に休止してください。

また、夜間等パウダクラッチ・ブレーキの運転を停止する時は、必ず電磁弁を設けるなどして給水を停止してください。

Q4 ZKG 形のスリップ工率とコイルロス (消費電力)との関係は？

A 高頻度起動停止などの用途で過励磁制御を行う時以外はスリップ工率のみの選定を行い、消費電力(コイルロス)は考慮する必要はありません。

Q5 パウダクラッチ・ブレーキの許容表面温度は？

A 連続運転による表面温度は、下表を限度としてください。この値を超えますと耐久性が著しく低下します。

パウダクラッチ・ブレーキの表面温度の限界
(ステータ外周)

機種	限界温度(目安)
自然冷却 サーモブロック 水冷式ZKB-WN	100℃以下
強制空冷	70℃以下

ただし、周囲温度、冷却水温は30℃を基準とします。

上記限界温度は目安として考え、必ず許容連続スリップ工率内で使用願います。

Q6 自然冷却形で周囲温度 100 ℃の時使用可能か？

A 許容表面温度が100℃でもあり、冷却できる余地がないので、まったく使用できません。

なお、周囲温度が40℃を超える時は許容連続スリップ工率を次のように変更してください。

$$Pt = \frac{T-t}{T-40} \times P$$

Pt :周囲温度がt℃の時の許容連続スリップ工率(W)

t :周囲温度(℃)

T :クラッチの許容表面温度(℃)

P :許容連続スリップ工率(W)

8. 環境性

Q1 屋外での使用はどうか？

A パウダクラッチ・ブレーキは、工場内で使用されることを前提として製造していますので、原則として使用できません。
万一使用するときは、水滴、油滴、砂じん、潮風などの当たるおそれのある所ではカバーを取付ける等して、屋内と同環境にする必要があります。また、結露を防止してください。

Q2 クラッチブレーキで熱帯処理はできるか？

A クラッチ・ブレーキ本体は特別な処理は不要です。ただし、防湿対策はしっかり行ってください。
(37ページ「輸出時の梱包要領」を参照ください。)

Q3 真空中で使用したいが？

A スリップ熱を大気中に熱放散できないため、許容連続スリップ工率が極端に下がりますので使用できません。

Q4 パウダクラッチ・ブレーキの使用できる温度・湿度範囲は？

A 周囲温度0～40℃、相対湿度30～90%で一般的な工場内の雰囲気です。なお、湿度がこれを超える場合で、結露が心配なときは、連続通電などでクラッチ・ブレーキ温度を周囲より高くしておけばOKです。

Q5 冷凍倉庫内(－30℃)で使用したいが？

A 低温環境下でもクラッチ・ブレーキとして動作しますが、ベアリングのロストルクが大きくなり制御範囲が限定されるなどの問題により、本来の性能の保証はできません。

Q6 クリーンルームで使用可能か？

A 完全な密閉構造ではなく、パウダが漏れる可能性があるため、使用できません。

9. 選定

Q1 現行の機械のまま、ラインスピードを 50m/分から80m/分に上げたいが？

A 張力 (F)、巻径 (D) が変わらなければ、許容連続スリップ工率と許容回転数を越えないか確認してください。
F、Dが変わる時はトルクの使用範囲が適切かどうかも確認してください。

Q2 パウダクラッチのトルクの使用上限は？

A 経時劣化を見越して、工場出荷時は定格トルクより高めにトルクが出るように設計してありますが、定格トルクが上限です。これ以上の使用は保証外となります。

10.電源装置

Q1 保護素子は何のために使用するのか？

A 電磁クラッチ・ブレーキのコイルは誘導性負荷のために、直流の励磁電流を遮断すると、コイルの両端に逆起電圧が発生します。保護素子は、この逆起電圧から接点を保護するために使用するものです。
パウダクラッチ・ブレーキ、ヒステリシスクラッチ・ブレーキは高頻度にON/OFF動作させて使用するケースが少ないため保護素子は付属していません。

Q2 クラッチ・ブレーキを並列に接続し、同時に使用するときの電源装置の容量は？

A クラッチ・ブレーキの定格電流の合計が、電源装置の出力電流以下となるように使用します。
(例) ZA-10Y1形パウダブレーキを２台同時に使用するときの手動電源は？
ZA-10Y1の電流…1.21A
2台で1.21A×2＝2.42A
したがって、電流容量2.42A以上の電源装置が必要です。

Q3 サージ吸収用のダイオードの向きは？

A カソード側を＋側としてください。

11.その他

Q1　軸は右へ回転しても左へ回転してもよいか？

A　回転に方向性はありませんのでどちらへ回ってもかまいません。

電磁クラッチ･ブレーキ一般

1. 電磁クラッチ・ブレーキの基本特性……106
1.1 パウダクラッチ……106
1.2 ヒステリシスクラッチ……107
2. 電磁クラッチ・ブレーキの基本選定……108
2.1 摩擦板式が適する用途……108
2.2 パウダ式が適する用途……108
2.3 ヒステリシス式が適する用途……108
3. 機械の負荷トルク計算法……109
3.1 モータからのトルク……109
3.2 上下運動する仕事……109
3.3 摩擦を伴う水平運動する仕事……109
4. 慣性モーメント J の求め方……110
4.1 回転体の J……110
4.2 直線運動する場合の J……111
4.3 J のクラッチ軸への換算……111
5. 慣性モーメント J の計算早見表……112
6. 電磁クラッチ・ブレーキの温度基準……114
6.1 パウダクラッチ……114
6.2 ヒステリシスクラッチ……114
7. 電磁クラッチおよびブレーキ用語（抜粋）……115
7.1 適用範囲……115
7.2 用語の分類……115
7.3 番号・用語・意味……115
8. 電磁クラッチ・ブレーキの形式選定に使用される計算式一覧表……119

電磁クラッチ・ブレーキ一般

1. 電磁クラッチ・ブレーキの基本特性

1.1 パウダクラッチ

(1) トルク特性

パウダクラッチは磁性鉄粉をトルク伝達の媒体として使用しているため、そのトルク特性も摩擦板式のものと異なり、スリップ回転速度が変化しても、ほぼ励磁電流に比例した伝達トルクが得られます。いいかえれば静摩擦トルクと動摩擦トルクの差がなく、理想的なトルク特性が得られるということです。

図１はパウダクラッチのトルク特性の一例を示します。

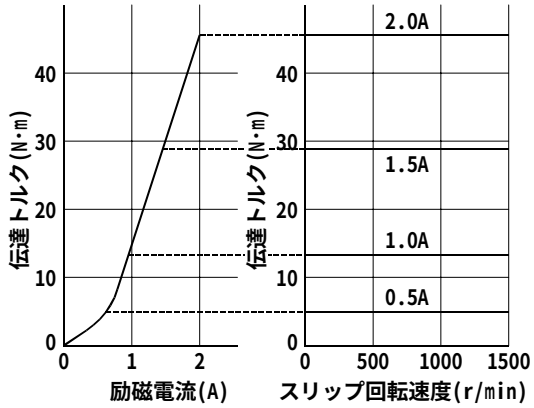


図１ パウダクラッチのトルク特性

(2) 動作特性

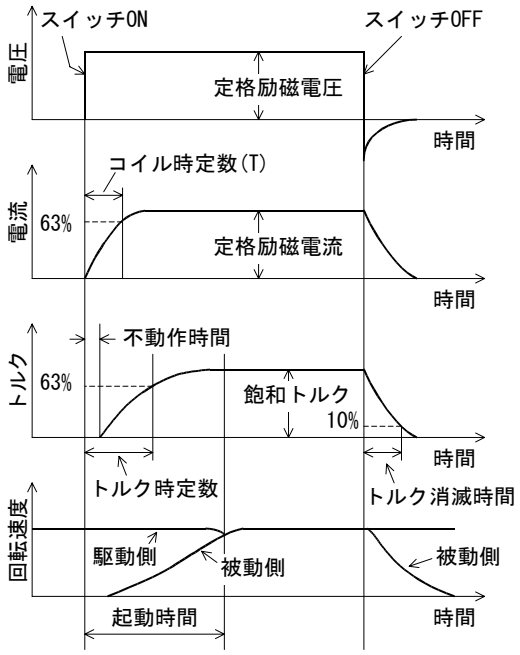


図２　パウダクラッチの動作特性

図２はパウダクラッチの連結時の動作状況を示します。摩擦板式のものと異なる点は、電流の立ち上がりにおいてはアマチュア吸引による一時的な減少がなく、指数関数的に増加し、トルクはごくわずか電流のそれに遅れて立ち上がり、駆動側と被動側が完全連結しなくても、電流できまる設定トルクまで上昇し、その後負荷を一定トルクで加速することです。この特性はクラッチの熱容量の大きいことと合わせて緩衝起動をする場合に適しています。

パウダクラッチも摩擦板式クラッチの場合と同じく電流の立ち上がりを速くするように制御してやればトルクの立ち上がりも速くすることができます。

(3) 許容連結仕事量と許容連続スリップ工率

パウダクラッチは、摩擦板式より外径・質量ともに大きいが、そのこととあわせて、耐熱・耐摩耗性のあるパウダ(磁性鉄粉)を使用しているため許容連結仕事量は大きく、また許容連続スリップ工率の範囲内で連続スリップ状態で使用することが可能です。
なお許容連続スリップ工率は、自然冷却・強制空冷・水冷によってその値が異なります。

1.2 ヒステリシスクラッチ

(1) トルク特性

ヒステリシスクラッチのトルク特性はパウダクラッチと同様で、スリップ回転速度に関係なく励磁電流に比例した伝達トルクが得られます。
また、摩擦によらないで電磁的に非接触でトルクを伝達しているため、励磁電流に対して安定に動作し、何回くりかえしても正確なトルクを伝達します。

(2) 動作特性

基本的にはパウダクラッチの動作特性と同じですが、極めてトルクが安定しており正確な反復性があるという優れた動作特性を示します。

(3) 許容仕事量と許容連続スリップ工率

パウダクラッチと同様で許容連続スリップ工率内で連続スリップで使用できます。
また、ヒステリシスクラッチは非接触方式のため、摩擦式のように摩耗する部分がなく、外形・質量ともパウダクラッチよりもさらに大きいため、許容仕事量は大きくできます。

2. 電磁クラッチ・ブレーキの基本選定

2.1 摩擦板式が適する用途

電磁クラッチ・ブレーキとして最も汎用的なものです。

(1) トルク制御が不要なところ。

(2) スリップ制御が不要なところ。

(3) 早い応答性を要求されるところ。

などに適します。

2.2 パウダ式が適する用途

このクラッチは次のようなその特質を生かした使用をしてください。

(1) 巻取り、巻出しなどの作業でのテンションコントロール。

(2) クッションスタート(クッションブレーキ)したいとき。

(3) トルクリミッタなどとして一時的にスリップさせたいとき。

(4) モータなどの耐久試験のための動力吸収用として。

2.3 ヒステリシス式が適する用途

パウダ形と同じ用途に使用しますが、下記のような所に特に適します。

(1) 高速、高精度なテンションコントロール。

(2) より耐久性を要求されるところ。

(3) 軸水平取付け以外でも使用可能。
(製品内部のベアリングにかかるアキシャル荷重に注意が必要です。)

参考にクラッチ機能と主要各電磁クラッチ・ブレーキの対応を表1に示します。

機能＼動作原理	摩擦板式	パウダ式	ヒステリシス式
クラッチ作用	◎	○	○
制動用	◎	○	○
定位置停止	◎	○	○
正逆転	◎	○	○
速度変換	◎	△	△
インチング	◎	△	△
高頻度起動停止	◎	○	○
停電ブレーキ	◎	×	×
緩衝起動停止	△	◎	◎
張力制御	×	◎	◎
トルクリミッタ	×	◎	◎
動力吸収	×	◎	◎

◎:非常に適している　　△:あまり適していない
○:適している　　×:適していない

表1 クラッチ機能と電磁クラッチ・ブレーキの対応

表1により摩擦板式、パウダ式、ヒステリシス式のどれがよいか判明しますと、つぎに使用状態(油中か大気中か)、使用環境、負荷条件、使用頻度などから適正な形名の選定を行います。

3. 機械の負荷トルク計算法

機械を運転するのに要する正味の動力は、負荷条件の設定や、伝達効率などの関係で算出が困難な場合が多く、したがって一般には経験的に求められている場合が多いようです。しかし電磁クラッチの選定には、負荷トルクの把握がぜひ必要ですので、下記にその一般式を列記します。

なお計算に際しては、前述のように不確定要素が多いので、経験値も重視するようにしてください。

3.1 モータからのトルク

負荷トルクがはっきりしないで、モータ出力のみ判明しているときは次式によります。

$$T_L = 9550\frac{P}{N}\eta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ただし、

T_L :負荷トルク(Nm)

P :モータの定格出力(kW)

N :クラッチ軸の回転速度(r/min)

η :モータ軸からクラッチ軸までの機械伝動効率

3.2 上下運動する仕事

(例:ホイスト用)

$$T_L = \frac{W \cdot V}{6.3N \cdot \eta} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ただし、

T_L :負荷トルク(Nm)

W :上下運動する部分の全質量(N)

V :上下運動する部分の速度(m/min)

N :トルクを求める軸の回転速度(r/min)

η :効率(例、歯車、チェーン、ベルトなどでは一対当たり0.95程度)

注. この式は同じような仕事をする旋盤主軸用などにも適用できます。

この場合Wは、切削抵抗(N)にしてください。

3.3 摩擦を伴う水平運動する仕事

(例:テーブル送り、クレーンの走行用)

$$T_L = \frac{\mu \cdot W \cdot V}{6.3N \cdot \eta} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ただし、

μ :走行抵抗(摩擦係数)

例、ボールベアリングでは0.005程度

ベッド面では0.15程度※

W :水平運動する部分の全質量(N)

V :水平運動する部分の速度(m/min)

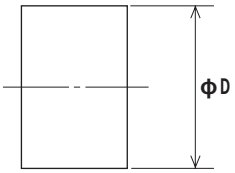
注. ※は機械の組立・仕上状態によっては、さらに大きくなることもあります。

4. 慣性モーメント *J* の求め方

回転体の慣性モーメント *J*(kgm²)は、回転体の質量をM(kg)、長さの単位を(m)とした場合、次式で求められます。

4.1 回転体の *J*

(1) 中実円筒体の場合



$$J = \frac{1}{8} \cdot M \cdot D^2 \quad \cdots\cdots (1)$$

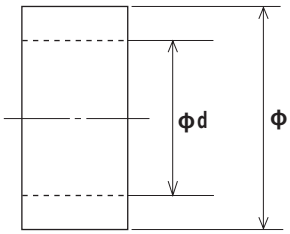
ただし、

J:慣性モーメント(kgm²)

M:質量(kg)

D:回転物体の外径(m)

(2) 中空円筒体の場合



$$J = \frac{1}{8} M(D^2+d^2) \quad \cdots (2)$$

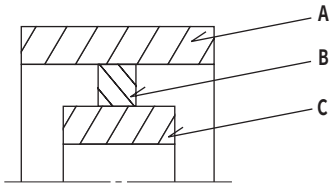
ただし、

d:回転物体の内径(m)

(3) 複雑な形状の場合

下図のような形状の時は、A、B、C のように分割して各部分の*J*を求め、それを合計します。すなわち、

$$J = J_A + J_B + J_C \quad (3)$$



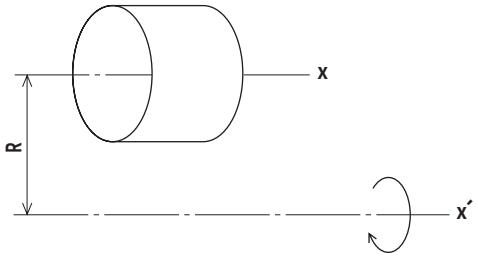
(4) 物体の重心を通る中心軸 x に平行な、任意の軸 x' に関する場合

$$J = J_X + M \cdot R^2 \quad \cdots\cdots (4)$$

ただし、

J_X:x 軸に関する物体の慣性モーメント(kgm²)

R :x 軸と x'軸との距離(m)



4.2 直線運動する場合の J

(1) 一般式

$$J = \frac{M \cdot V^2}{4\pi^2 \cdot N^2} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

ただし、M：直線運動している物体の質量(kg)

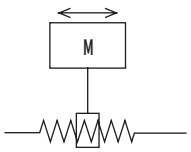
V：直線運動している物体の速度(m/min)

N：Jを求める回転軸の回転速度(r/min)

(2) 各種直線運動体の J

①ネジにより物体が直線運動する場合

〔ネジ軸での値〕



$$J = \frac{M}{4}\left(\frac{P}{\pi}\right)^2 \cdots\cdots\cdots(6)$$

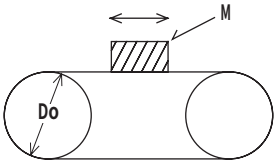
ただし、

P：ネジのリード(m)

M：直線運動している物体の質量(kg)

②コンベアの場合〔Do軸での値〕

(ただしプーリ・ベルトなどの Jは含みません。)

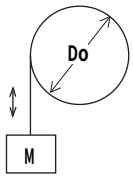


$$J = \frac{M}{4}Do^2 \cdots\cdots\cdots(7)$$

ただし、

Do：プーリなどの直径(m)

③ クレーン・ウィンチなどのようにロープなどによって質量が移動する場合〔ドラム軸での値〕



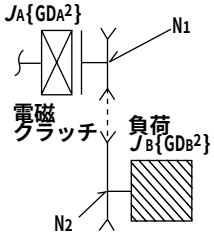
$$J = \frac{M}{4}Do^2 \cdots\cdots\cdots(8)$$

ただし、

Do：ドラム直径(m)

4.3 Jのクラッチ軸への換算

次図に示すようなN2軸でのJ_Bをクラッチ軸の値に換算するには、下記のようにします。



$$J_A = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \times J_B \cdots\cdots(9)$$

ただし、

J_A：クラッチ軸でのJ(kgm²)

J_B：N2軸(負荷軸)でのJ(kgm²)

N_1：クラッチ軸での回転速度(r/min)

N_2：J_B軸での回転速度(r/min)

5. 慣性モーメント *J*の計算早見表

本表は φ20～φ1,000における長さ10㎜当たりの*J*(kgm²)を示します。

1. 比重ρ＝7.85の鉄鋼を示す。
2. 中空の場合は外径の*J*より内径の*J*を減じます。
3. 下記材料の場合は、本表に下記係数をかける。
   鋳物……×0.92　　黄銅……×1.14
   アルミニウム……×0.35

4. 表の使い方
   中実円柱体の直径352㎜、厚さ25㎜の回転体の慣性モーメントを表から求める。
   〈解答〉:表の縦軸の350の欄と横軸の2の欄の交点より1.1832×10^{-1}kgm²が得られるので、これに厚さの25/10を乗じて$J=1.1832\times10^{-1}\times(25/10)=0.2958$kgm²を得る。

直径 (mm)	*J*(kgm²)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	7.7×10^{-8}	1.13×10^{-7}	1.6×10^{-7}	2.2×10^{-7}	2.96×10^{-7}	3.9×10^{-7}	5.05×10^{-7}	6.44×10^{-7}	8.09×10^{-7}	1×10^{-6}
20	1.23×10^{-6}	1.5×10^{-6}	1.81×10^{-6}	2.16×10^{-6}	2.56×10^{-6}	3.01×10^{-6}	3.52×10^{-6}	4.1×10^{-6}	4.74×10^{-6}	5.45×10^{-6}
30	6.24×10^{-6}	7.12×10^{-6}	8.08×10^{-6}	9.14×10^{-6}	1.03×10^{-5}	1.157×10^{-5}	1.294×10^{-5}	1.444×10^{-5}	1.607×10^{-5}	1.783×10^{-5}
40	1.973×10^{-5}	2.178×10^{-5}	2.398×10^{-5}	2.635×10^{-5}	2.889×10^{-5}	3.16×10^{-5}	3.451×10^{-5}	3.761×10^{-5}	4.091×10^{-5}	4.443×10^{-5}
50	4.817×10^{-5}	5.214×10^{-5}	5.635×10^{-5}	6.081×10^{-5}	6.553×10^{-5}	7.052×10^{-5}	7.579×10^{-5}	8.135×10^{-5}	8.721×10^{-5}	9.339×10^{-5}
60	9.988×10^{-5}	1.067×10^{-4}	1.139×10^{-4}	1.214×10^{-4}	1.293×10^{-4}	1.376×10^{-4}	1.462×10^{-4}	1.553×10^{-4}	1.648×10^{-4}	1.747×10^{-4}
70	1.85×10^{-4}	1.958×10^{-4}	2.071×10^{-4}	2.189×10^{-4}	2.311×10^{-4}	2.438×10^{-4}	2.571×10^{-4}	2.709×10^{-4}	2.853×10^{-4}	3.002×10^{-4}
80	3.157×10^{-4}	3.317×10^{-4}	3.484×10^{-4}	3.657×10^{-4}	3.837×10^{-4}	4.023×10^{-4}	4.216×10^{-4}	4.415×10^{-4}	4.622×10^{-4}	4.835×10^{-4}
90	5.056×10^{-4}	5.285×10^{-4}	5.521×10^{-4}	5.765×10^{-4}	6.017×10^{-4}	6.277×10^{-4}	6.546×10^{-4}	6.823×10^{-4}	7.18×10^{-4}	7.403×10^{-4}
100	7.707×10^{-4}	8.02×10^{-4}	8.342×10^{-4}	8.674×10^{-4}	9.016×10^{-4}	9.368×10^{-4}	9.73×10^{-4}	1.01×10^{-3}	1.048×10^{-3}	1.088×10^{-3}
110	1.128×10^{-3}	1.17×10^{-3}	1.213×10^{-3}	1.257×10^{-3}	1.302×10^{-3}	1.348×10^{-3}	1.395×10^{-3}	1.444×10^{-3}	1.494×10^{-3}	1.545×10^{-3}
120	1.598×10^{-3}	1.652×10^{-3}	1.707×10^{-3}	1.764×10^{-3}	1.822×10^{-3}	1.882×10^{-3}	1.942×10^{-3}	2.005×10^{-3}	2.069×10^{-3}	2.134×10^{-3}
130	2.201×10^{-3}	2.27×10^{-3}	2.34×10^{-3}	2.411×10^{-3}	2.485×10^{-3}	2.56×10^{-3}	2.636×10^{-3}	2.715×10^{-3}	2.795×10^{-3}	2.877×10^{-3}
140	2.961×10^{-3}	3.046×10^{-3}	3.133×10^{-3}	3.223×10^{-3}	3.314×10^{-3}	3.407×10^{-3}	3.502×10^{-3}	3.599×10^{-3}	3.698×10^{-3}	3.799×10^{-3}
150	3.902×10^{-3}	4.007×10^{-3}	4.114×10^{-3}	4.223×10^{-3}	4.335×10^{-3}	4.448×10^{-3}	4.564×10^{-3}	4.682×10^{-3}	4.803×10^{-3}	4.926×10^{-3}
160	5.051×10^{-3}	5.178×10^{-3}	5.308×10^{-3}	5.44×10^{-3}	5.575×10^{-3}	5.712×10^{-3}	5.852×10^{-3}	5.994×10^{-3}	6.139×10^{-3}	6.287×10^{-3}
170	6.437×10^{-3}	6.59×10^{-3}	6.745×10^{-3}	6.903×10^{-3}	7.064×10^{-3}	7.228×10^{-3}	7.395×10^{-3}	7.564×10^{-3}	7.737×10^{-3}	7.912×10^{-3}
180	8.09×10^{-3}	8.272×10^{-3}	8.456×10^{-3}	8.643×10^{-3}	8.834×10^{-3}	9.027×10^{-3}	9.224×10^{-3}	9.424×10^{-3}	9.627×10^{-3}	9.834×10^{-3}
190	1.004×10^{-2}	1.026×10^{-2}	1.047×10^{-2}	1.069×10^{-2}	1.092×10^{-2}	1.114×10^{-2}	1.137×10^{-2}	1.161×10^{-2}	1.184×10^{-2}	1.209×10^{-2}
200	1.233×10^{-2}	1.258×10^{-2}	1.283×10^{-2}	1.309×10^{-2}	1.335×10^{-2}	1.361×10^{-2}	1.388×10^{-2}	1.415×10^{-2}	1.443×10^{-2}	1.47×10^{-2}
210	1.499×10^{-2}	1.528×10^{-2}	1.557×10^{-2}	1.586×10^{-2}	1.616×10^{-2}	1.647×10^{-2}	1.678×10^{-2}	1.709×10^{-2}	1.741×10^{-2}	1.773×10^{-2}
220	1.805×10^{-2}	1.838×10^{-2}	1.872×10^{-2}	1.906×10^{-2}	1.94×10^{-2}	1.975×10^{-2}	2.011×10^{-2}	2.046×10^{-2}	2.083×10^{-2}	2.119×10^{-2}
230	2.157×10^{-2}	2.194×10^{-2}	2.233×10^{-2}	2.271×10^{-2}	2.311×10^{-2}	2.35×10^{-2}	2.391×10^{-2}	2.431×10^{-2}	2.473×10^{-2}	2.515×10^{-2}
240	2.557×10^{-2}	2.6×10^{-2}	2.643×10^{-2}	2.687×10^{-2}	2.732×10^{-2}	2.777×10^{-2}	2.822×10^{-2}	2.869×10^{-2}	2.915×10^{-2}	2.963×10^{-2}
250	3.01×10^{-2}	3.059×10^{-2}	3.108×10^{-2}	3.158×10^{-2}	3.208×10^{-2}	3.259×10^{-2}	3.31×10^{-2}	3.362×10^{-2}	3.415×10^{-2}	3.468×10^{-2}
260	3.522×10^{-2}	3.576×10^{-2}	3.631×10^{-2}	3.687×10^{-2}	3.744×10^{-2}	3.801×10^{-2}	3.858×10^{-2}	3.917×10^{-2}	3.976×10^{-2}	4.035×10^{-2}
270	4.096×10^{-2}	4.157×10^{-2}	4.218×10^{-2}	4.281×10^{-2}	4.344×10^{-2}	4.408×10^{-2}	4.472×10^{-2}	4.537×10^{-2}	4.603×10^{-2}	4.67×10^{-2}
280	4.737×10^{-2}	4.805×10^{-2}	4.874×10^{-2}	4.943×10^{-2}	5.014×10^{-2}	5.084×10^{-2}	5.156×10^{-2}	5.299×10^{-2}	5.302×10^{-2}	5.376×10^{-2}
290	5.451×10^{-2}	5.526×10^{-2}	5.603×10^{-2}	5.68×10^{-2}	5.758×10^{-2}	5.837×10^{-2}	5.916×10^{-2}	5.996×10^{-2}	6.078×10^{-2}	6.16×10^{-2}
300	6.242×10^{-2}	6.326×10^{-2}	6.411×10^{-2}	6.496×10^{-2}	6.582×10^{-2}	6.669×10^{-2}	6.757×10^{-2}	6.846×10^{-2}	6.935×10^{-2}	7.026×10^{-2}
310	7.117×10^{-2}	7.21×10^{-2}	7.303×10^{-2}	7.397×10^{-2}	7.492×10^{-2}	7.588×10^{-2}	7.685×10^{-2}	7.782×10^{-2}	7.881×10^{-2}	7.981×10^{-2}
320	8.081×10^{-2}	8.183×10^{-2}	8.285×10^{-2}	8.388×10^{-2}	8.493×10^{-2}	8.598×10^{-2}	8.704×10^{-2}	8.812×10^{-2}	8.92×10^{-2}	9.029×10^{-2}
330	9.14×10^{-2}	9.251×10^{-2}	9.363×10^{-2}	9.476×10^{-2}	9.591×10^{-2}	9.706×10^{-2}	9.823×10^{-2}	9.94×10^{-2}	1.0059×10^{-1}	1.0178×10^{-1}
340	1.0299×10^{-1}	1.0421×10^{-1}	1.0543×10^{-1}	1.0667×10^{-1}	1.0792×10^{-1}	1.0918×10^{-1}	1.1045×10^{-1}	1.1174×10^{-1}	1.1303×10^{-1}	1.1433×10^{-1}
350	1.1565×10^{-1}	1.1698×10^{-1}	1.1832×10^{-1}	1.1967×10^{-1}	1.2103×10^{-1}	1.224×10^{-1}	1.2379×10^{-1}	1.2581×10^{-1}	1.2659×10^{-1}	1.2801×10^{-1}
360	1.2944×10^{-1}	1.3089×10^{-1}	1.3234×10^{-1}	1.3381×10^{-1}	1.3529×10^{-1}	1.3679×10^{-1}	1.3829×10^{-1}	1.3981×10^{-1}	1.4134×10^{-1}	1.4288×10^{-1}
370	1.4444×10^{-1}	1.4601×10^{-1}	1.4759×10^{-1}	1.4918×10^{-1}	1.5079×10^{-1}	1.524×10^{-1}	1.5404×10^{-1}	1.5568×10^{-1}	1.5734×10^{-1}	1.5901×10^{-1}
380	1.607×10^{-1}	1.6239×10^{-1}	1.6411×10^{-1}	1.6583×10^{-1}	1.6757×10^{-1}	1.6933×10^{-1}	1.7109×10^{-1}	1.7287×10^{-1}	1.7466×10^{-1}	1.7647×10^{-1}
390	1.7829×10^{-1}	1.8013×10^{-1}	1.8198×10^{-1}	1.8384×10^{-1}	1.8572×10^{-1}	1.8761×10^{-1}	1.8952×10^{-1}	1.9144×10^{-1}	1.9338×10^{-1}	1.9533×10^{-1}
400	1.9729×10^{-1}	1.9927×10^{-1}	2.0127×10^{-1}	2.0328×10^{-1}	2.053×10^{-1}	2.0734×10^{-1}	2.094×10^{-1}	2.1147×10^{-1}	2.1356×10^{-1}	2.1566×10^{-1}
410	2.1777×10^{-1}	2.1991×10^{-1}	2.2205×10^{-1}	2.2422×10^{-1}	2.264×10^{-1}	2.2859×10^{-1}	2.308×10^{-1}	2.3303×10^{-1}	2.3528×10^{-1}	2.3753×10^{-1}
420	2.3981×10^{-1}	2.421×10^{-1}	2.4441×10^{-1}	2.4674×10^{-1}	2.4908×10^{-1}	2.5144×10^{-1}	2.5381×10^{-1}	2.562×10^{-1}	2.5861×10^{-1}	2.6104×10^{-1}
430	2.6348×10^{-1}	2.6594×10^{-1}	2.6841×10^{-1}	2.7091×10^{-1}	2.7342×10^{-1}	2.7595×10^{-1}	2.7849×10^{-1}	2.8106×10^{-1}	2.8364×10^{-1}	2.8624×10^{-1}
440	2.8886×10^{-1}	2.9149×10^{-1}	2.9414×10^{-1}	2.9681×10^{-1}	2.995×10^{-1}	3.0221×10^{-1}	3.0494×10^{-1}	3.0768×10^{-1}	3.1044×10^{-1}	3.1322×10^{-1}
450	3.1602×10^{-1}	3.1884×10^{-1}	3.2168×10^{-1}	3.2454×10^{-1}	3.2741×10^{-1}	3.3031×10^{-1}	3.3322×10^{-1}	3.3615×10^{-1}	3.391×10^{-1}	3.4208×10^{-1}
460	3.4507×10^{-1}	3.4808×10^{-1}	3.5111×10^{-1}	3.5416×10^{-1}	3.5723×10^{-1}	3.6032×10^{-1}	3.6342×10^{-1}	3.6655×10^{-1}	3.697×10^{-1}	3.7287×10^{-1}
470	3.7606×10^{-1}	3.7927×10^{-1}	3.8251×10^{-1}	3.8576×10^{-1}	3.8903×10^{-1}	3.9232×10^{-1}	3.9564×10^{-1}	3.9897×10^{-1}	4.0233×10^{-1}	4.0571×10^{-1}
480	4.0911×10^{-1}	4.1253×10^{-1}	4.1597×10^{-1}	4.1943×10^{-1}	4.2291×10^{-1}	4.2642×10^{-1}	4.2995×10^{-1}	4.335×10^{-1}	4.3707×10^{-1}	4.4066×10^{-1}
490	4.4428×10^{-1}	4.4792×10^{-1}	4.5158×10^{-1}	4.5526×10^{-1}	4.5886×10^{-1}	4.6269×10^{-1}	4.6644×10^{-1}	4.7021×10^{-1}	4.7401×10^{-1}	4.7783×10^{-1}
500	4.8167×10^{-1}	4.8554×10^{-1}	4.8942×10^{-1}	4.9334×10^{-1}	4.9727×10^{-1}	5.0123×10^{-1}	5.0521×10^{-1}	5.0922×10^{-1}	5.1325×10^{-1}	5.173×10^{-1}

● *J*を計算で求める方法

鉄鋼の場合 $J=D^4\times L\times775$〔kgm²〕
黄銅の場合 $J=D^4\times L\times880$〔kgm²〕
アルミニウムの場合 $J=D^4\times L\times270$〔kgm²〕
ただし、D:直径(m)　L:長さ(m)

直径 (mm)	J(kgm²)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
510	5.2138×10^{-1}	5.2548×10^{-1}	5.296×10^{-1}	5.3375×10^{-1}	5.3793×10^{-1}	5.4212×10^{-1}	5.4635×10^{-1}	5.506×10^{-1}	5.5487×10^{-1}	5.5916×10^{-1}
520	5.6349×10^{-1}	5.6783×10^{-1}	5.7221×10^{-1}	5.766×10^{-1}	5.8103×10^{-1}	5.8547×10^{-1}	5.8995×10^{-1}	5.9445×10^{-1}	5.9897×10^{-1}	6.0352×10^{-1}
530	6.081×10^{-1}	6.127×10^{-1}	6.1733×10^{-1}	6.2198×10^{-1}	6.2666×10^{-1}	6.3137×10^{-1}	6.3611×10^{-1}	6.4087×10^{-1}	6.4565×10^{-1}	6.5047×10^{-1}
540	6.5531×10^{-1}	6.6018×10^{-1}	6.6507×10^{-1}	6.6999×10^{-1}	6.7494×10^{-1}	6.7992×10^{-1}	6.8492×10^{-1}	6.8995×10^{-1}	6.9501×10^{-1}	7.001×10^{-1}
550	7.0521×10^{-1}	7.1036×10^{-1}	7.1553×10^{-1}	7.2073×10^{-1}	7.2595×10^{-1}	7.3121×10^{-1}	7.3649×10^{-1}	7.4181×10^{-1}	7.4715×10^{-1}	7.5252×10^{-1}
560	7.5792×10^{-1}	7.6335×10^{-1}	7.688×10^{-1}	7.7429×10^{-1}	7.7981×10^{-1}	7.8535×10^{-1}	7.9093×10^{-1}	7.9653×10^{-1}	8.0216×10^{-1}	8.0783×10^{-1}
570	8.1352×10^{-1}	8.1925×10^{-1}	8.25×10^{-1}	8.3078×10^{-1}	8.366×10^{-1}	8.4244×10^{-1}	8.4832×10^{-1}	8.5423×10^{-1}	8.6016×10^{-1}	8.6613×10^{-1}
580	8.7213×10^{-1}	8.7816×10^{-1}	8.8422×10^{-1}	8.9032×10^{-1}	8.9644×10^{-1}	9.026×10^{-1}	9.0878×10^{-1}	9.15×10^{-1}	9.2125×10^{-1}	9.2754×10^{-1}
590	9.3385×10^{-1}	9.402×10^{-1}	9.4658×10^{-1}	9.5299×10^{-1}	9.5944×10^{-1}	9.6591×10^{-1}	9.7242×10^{-1}	9.7897×10^{-1}	9.8554×10^{-1}	9.9215×10^{-1}
600	9.9879×10^{-1}	1.0055	1.0122	1.0189	1.0257	1.0325	1.0394	1.0462	1.0531	1.0601
610	1.0671	1.0741	1.0811	1.0882	1.0953	1.1025	1.1097	1.1169	1.1242	1.1315
620	1.1388	1.1461	1.1535	1.1610	1.1685	1.1760	1.1835	1.1911	1.1987	1.2064
630	1.2140	1.2218	1.2295	1.2373	1.2452	1.2530	1.2610	1.2689	1.2769	1.2849
640	1.2930	1.3011	1.3092	1.3174	1.3256	1.3339	1.3422	1.3505	1.3589	1.3673
650	1.3757	1.3842	1.3927	1.4013	1.4099	1.4185	1.4272	1.4359	1.4447	1.4535
660	1.4623	1.4712	1.4801	1.4891	1.4981	1.5072	1.5162	1.5254	1.5345	1.5437
670	1.5530	1.5623	1.5716	1.5810	1.5904	1.5999	1.6094	1.6189	1.6285	1.6381
680	1.6478	1.6575	1.6673	1.6771	1.6859	1.6968	1.7067	1.7167	1.7267	1.7368
690	1.7469	1.7570	1.7672	1.7775	1.7878	1.7981	1.8085	1.8189	1.8293	1.8398
700	1.8504	1.8610	1.8716	1.8823	1.8931	1.9038	1.9147	1.9255	1.9364	1.9474
710	1.9584	1.9695	1.9806	1.9917	2.0029	2.0142	2.0255	2.0368	2.0482	2.0592
720	2.0711	2.0826	2.0942	2.1058	2.1175	2.2192	2.1410	2.1528	2.1647	2.1766
730	2.1886	2.2006	2.2127	2.2248	2.2369	2.2492	2.2614	2.2737	2.2861	2.2985
740	2.3110	2.3235	2.3361	2.3487	2.3614	2.3741	2.3869	2.3997	2.4126	2.4255
750	2.4385	2.4515	2.4646	2.4777	2.4909	2.5041	2.5174	2.5308	2.5442	2.5576
760	2.5711	2.5847	2.5983	2.6120	2.6257	2.6395	2.6533	2.6672	2.6811	2.6951
770	2.7092	2.7233	2.7374	2.7516	2.7659	2.7802	2.7946	2.8090	2.8235	2.8381
780	2.8527	2.8673	2.8820	2.8968	2.9116	2.9265	2.9414	2.9564	2.9715	2.9866
790	3.0018	3.0170	3.0323	3.0476	3.0630	3.0785	3.0940	3.1096	3.1252	3.1409
800	3.1567	3.1725	3.1884	3.2043	3.2203	3.2363	3.2525	3.2686	3.2849	3.3011
810	3.3175	3.3339	3.3504	3.3669	3.3835	3.4002	3.4169	3.4337	3.4505	3.4674
820	3.4844	3.5014	3.5185	3.5357	3.5529	3.5701	3.5875	3.6049	3.6224	3.6399
830	3.6575	3.6751	3.6929	3.7107	3.7285	3.7464	3.7644	3.7824	3.8006	3.8187
840	3.8370	3.8553	3.8736	3.8921	3.9106	3.9291	3.9478	3.9665	3.9852	4.0041
850	4.0230	4.0419	4.0610	4.0801	4.0992	4.1185	4.1378	4.1571	4.1766	4.1961
860	4.2156	4.2353	4.2550	4.2748	4.2946	4.3145	4.3345	4.3546	4.3747	4.3949
870	4.4152	4.4355	4.4559	4.4764	4.4969	4.5175	4.5382	4.5590	4.5798	4.6007
880	4.6217	4.6427	4.6639	4.6850	4.7063	4.7276	4.7490	4.7705	4.7921	4.8137
890	4.8354	4.8571	4.8790	4.9009	4.9229	4.9450	4.9671	4.9893	5.0116	5.0340
900	5.0564	5.0789	5.1015	5.1241	5.1469	5.1697	5.1926	5.2155	5.2386	5.2617
910	5.2849	5.3082	5.3315	5.3549	5.3784	5.4020	5.4257	5.4494	5.4732	5.4971
920	5.5210	5.5451	5.5692	5.5934	5.6177	5.6421	5.6665	5.6910	5.7156	5.7403
930	5.7650	5.7899	5.8148	5.8398	5.8649	5.8900	5.9153	5.9406	5.9660	5.9915
940	6.0170	6.0427	6.0684	6.0942	6.1201	6.1461	6.1721	6.1983	6.2245	6.2508
950	6.2772	6.3037	6.3302	6.3568	6.3836	6.4104	6.4373	6.4642	6.4913	6.5185
960	6.5457	6.5730	6.6004	6.6279	6.6555	6.6831	6.7109	6.7387	6.7666	6.7946
970	6.8227	6.8509	6.8792	6.9075	6.9359	6.9645	6.9931	7.0218	7.0506	7.0795
980	7.1084	7.1375	7.1666	7.1959	7.2252	7.2546	7.2841	7.3137	7.3434	7.3732
990	7.4031	7.4330	7.4631	7.4932	7.5234	7.5537	7.5842	7.6147	7.6453	7.6759
1000	7.7067	7.7376	7.7686	7.7996	7.8308	7.8620	7.8934	7.9248	7.9563	7.9879

6. 電磁クラッチ・ブレーキの温度基準

6.1 パウダクラッチ

ZKB、ZKG、ZA、ZX形パウダクラッチ・ブレーキの温度基準は下記としています。

1. 電気的にはB種絶縁としています。
   なお試験法は、クラッチ・ブレーキ単体を静止大気中の断熱板上に置き、定格電流(定電流)を連続通電し、抵抗法によりコイル温度を測定します。ただし、周囲温度は40℃以下とします。
2. 連続運転による表面最高温度は、概略下表の値以下で使用ください。

強制空冷	70℃以下
自然冷却、サーモブロック、水冷ZKB-WN	100℃以下

ただし周囲温度、冷却水温は30℃を基準とする。

6.2 ヒステリシスクラッチ

ZHA形ヒステリシスクラッチ、ZHY形ヒステリシスブレーキの温度基準は下記としています。

1. 電気的にはE種絶縁としています。
   なお試験法はパウダクラッチと同じです。
2. 連続運転による表面最高温度は約８０℃程度としています。ただし、周囲温度は３０℃を基準とします。

7. 電磁クラッチおよびブレーキ用語(抜粋)

(日本工作機械工業会規格TES 1105)

7.1 適用範囲

この規格は摩擦形、かみあい形、空隙形およびラップスプリング形の電磁クラッチおよび電磁ブレーキ(以下クラッチおよびブレーキという)の用語と意味について規定する。

7.2 用語の分類

クラッチおよびブレーキ用語の分類は次による。

(1)名称用語　(2)作動用語　(3)性能用語

7.3 番号・用語・意味

番号・用語・意味は次による。なお、参考のため量記号・単位・適用機種および対応英語を示す。

(1) 名称用語

番号	用　　語	意　　味	対 応 英 語
101	電磁クラッチ	電磁作動により同心軸上にある駆動側から被動側にトルクを伝達・しゃ断する機能をもつ要素。	electromagnetic clutch
106	電磁空隙形クラッチ	駆動側と被動側の間に空隙を有する電磁クラッチ。	electromagnetic gap type clutch
107	電磁パウダクラッチ	空隙内に封入されたパウダをトルク伝達の媒体とする電磁クラッチ。	electromagnetic particle clutch, electromagnetic powder clutch
108	ヒステリシスクラッチ	磁性材料のヒステリシス特性を利用する電磁クラッチ。	hysteresis clutch
121	電磁ブレーキ	電磁作動により回転体を減速、停止し又は停止状態あるいは或る状態に保持する機能をもつ要素。	electromagnetic brake
126	電磁空隙形ブレーキ	静止部分と回転部分に空隙を有する電磁ブレーキ。	electromagnetic gap type brake
127	電磁パウダブレーキ	空隙内に封入されたパウダをトルク伝達の媒体とする電磁ブレーキ。	electromagnetic particle brake, electromagnetic powder brake
128	ヒステリシスブレーキ	磁性材料のヒステリシス特性を利用する電磁ブレーキ。	hysteresis brake
145	コイル静止形	コイルが静止しているもの。	stationary coil type
146	コイル回転形	コイルが回転するもの。	rotating coil type
162	水冷形	発生した熱を水で冷却するもの。	water cooling type
163	空冷形	発生した熱を空気で冷却するもの。	air cooling type

(2) 作動用語

番号	用　語	意　味	量記号	単　位	適用機種	対応英語
301	連結	クラッチの作動により、被動側が駆動側に同期すること。			各機種共通	engaging of clutch
302	制動	ブレーキを作動状態にすること。			各機種共通	braking
303	電磁作動	電磁力によって、クラッチ及びブレーキの作動又は解放を行うこと。			各機種共通	electromagnetic operation, electro-magnetic actuation
304	緩衝連結	クラッチで駆動側から被動側にトルクを徐々に伝えて被動側が衝撃なく同期すること。			摩擦形、空隙形	shockless engaging of clutch (cushioned start)
305	緩衝制動	ブレーキで制動対象物を衝撃なく減速又は停止すること。			摩擦形、空隙形	shockless braking
306	連続すべり作動	クラッチ及びブレーキを連続してすべらせながら作動させること。			摩擦形、空隙形	slip service
309	静止連結	クラッチを静止状態で連結させること。			各機種共通	stationary engagement of clutch
310	回転連結	クラッチを回転状態で連結させること。			各機種共通	rotating engagement of clutch
311	連結ひん度	クラッチが単位時間内に作動する回数。	Ne	回/s 回/min	各機種共通	engaging frequency
312	制動ひん度	ブレーキが単位時間内に作動する回数。	Nb	回/s 回/min	各機種共通	braking frequency
313	通電時間率	クラッチ及びブレーキでコイルに通電している時間と1サイクルの時間との比をいい、百分率であらわす。	%ED	%	各機種共通	exciting time ratio
314	回転時間率	回転体が回転している時間と1サイクルの時間との比をいい、百分率であらわす。	%RT	%	各機種共通	rotating time ratio
315	過励磁	クラッチ及びブレーキで応答性を速め、発生トルクを増大したりするために定格電圧より高い電圧を瞬時加えること。			各機種共通	over excitation
316	弱励磁	クラッチ及びブレーキで緩衝性をもたせたり、発生トルクを弱めたりするため定格電圧より低い電圧を加えること。			各機種共通	weak excitation
317	急速励磁	クラッチ及びブレーキで応答性を速め、時定数を小さくした回路で励磁すること。			各機種共通	quick response excitation
318	急速過励磁	クラッチ及びブレーキで応答を更に速め、発生トルクを増大するため、過励磁と急速励磁を併用すること。			各機種共通	quick response over excitation
319	ドラグ	ドラグトルク(空転トルク)により、クラッチでは被動側が回転しブレーキでは制動がかかること。			各機種共通	drag
320	トルク干渉 (トルクラップ)	2個のクラッチ又はブレーキを併用して作動させる時、その減衰トルクと発生トルクが相互に干渉し合い連結時間、制動時間又は摩耗に影響を及ぼす現象をいう。			各機種共通	torque wrap
321	クラッチを入れる	クラッチを作動状態にすること。			各機種共通	to engage
322	クラッチを切る	クラッチを連結状態から解放状態にすること。			各機種共通	to disengage
323	ブレーキをかける	ブレーキを作動状態にすること。			各機種共通	to apply the brake
324	ブレーキをはずす	ブレーキの作動状態をとくこと。			各機種共通	to take off the brake, to release the brake

(3) 性能用語

番号	用　語	意　味	量記号	単位	適用機種	対応英語
401	定格トルク	クラッチ及びブレーキに保証されているトルクの使用限度。	Tr	N·m	各機種共通	rated torque
406	負荷トルク	クラッチ又はブレーキの作動時に抵抗トルク又は制動トルクとして現れる負荷側のトルクの総称。	Tl	N·m	各機種共通	load torque
407	減衰トルク	クラッチ及びブレーキで電流を切ってからドラグトルク(空転トルク)に移行する間の過渡的トルク。			各機種共通	decreasing torque
408	ドラグトルク(空転トルク)	クラッチ及びブレーキを作動させていないときに生ずるトルク。	Tdg	N·m	各機種共通	drag torque residual torque
414	制動力	制動対象を減速、停止又は或る位置に保持する力。	Fn	N	各機種共通	braking force
421	全連結時間	クラッチで操作入力が入ってからクラッチが連結を完了するまでの時間。	tte	s	各機種共通	total engaging time (total engagement time)
422	連結時間	クラッチ本体に作動入力が入ってから連結が完了するまでの時間。	te	s	各機種共通	engaging time
423	実連結時間	クラッチでトルクを発生しはじめてから連結が完了するまでの時間。	tae	s	各機種共通	actual engaging time (actual engagement time)
424	全制動時間	ブレーキで操作入力が入ってからブレーキが制動を完了するまでの時間。	ttb	s	各機種共通	total braking time
425	制動時間	ブレーキ本体に作動入力が入ってから運動を停止するまでの時間、又は減速を完了するまでの時間。	tb	s	各機種共通	braking time
426	実制動時間	ブレーキでトルクが発生してから制動が完了するまでの時間。	tab	s	各機種共通	actual braking time
427	応答時間	連結時間及び制動時間の総称である。	tr	s	各機種共通	response time
428	初期遅れ時間	クラッチ及びブレーキで操作入力が入ってから、クラッチ又はブレーキ本体に作動入力又は解放入力が入るまでの時間。	tid	s	各機種共通	initial delay time
431	トルク立上り時間	クラッチ及びブレーキに作動入力が入ってから定格動摩擦トルクの80%になるまでの時間をいい、空隙形クラッチ及びブレーキでは定格動摩擦トルクを定格トルクとする。	tp	s	摩擦形、空隙形	torque build-up time
432	実トルク立上り時間	クラッチ及びブレーキで、トルクが発生しはじめてから定格動摩擦トルクの80%になるまでの時間をいい、空隙形クラッチ及びブレーキでは、定格動摩擦トルクを定格トルクとする。	tap	s	摩擦形、空隙形	actual torque build-up time
433	トルク消滅時間	クラッチ及びブレーキ本体に解放入力が入ってから定格トルクの10%になるまでの時間をいい、定格トルクは摩擦形において乾式では静摩擦トルク、湿式では動摩擦トルクとする。	td	s	摩擦形、空隙形	torque decaying time
434	解放時間	作動を止めるための操作入力がクラッチ又はブレーキに入ってから連結又は制動が解かれるまでの時間。	tre	s	各機種共通	release time (disengagement time)
435	惰性停止時間	励磁作動形クラッチの解放入力作動後及び無励磁作動形クラッチの操作入力作動後、出力回転がゼロになるまでの時間。		s	各機種共通	time to zero speed
441	連結仕事	クラッチで駆動側と被動側とを連結するときの仕事。	Ee	J	摩擦形、空隙形	engaging energy

番号	用　語	意　味	量記号	単位	適用機種	対 応 英 語
442	連結仕事率	単位時間あたりの連結仕事。	Pe	W	摩擦形、空隙形	engaging energy rate
443	許容連結仕事	クラッチ駆動側と被動側とを連結するときに許容される仕事。	Eeal	J	摩擦形、空隙形	allowable engaging energy
444	許容連結仕事率	クラッチで駆動側と被動側とを連結するときに許容される仕事率。	Peal	W	摩擦形、空隙形	allowable engaging energy rate
445	制動仕事	ブレーキで制動するときの仕事。	Eb	J	摩擦形、空隙形	braking energy
446	制動仕事率	単位時間あたりの制動仕事。	Pb	W	摩擦形、空隙形	braking energy rate
447	許容制動仕事	ブレーキで制動するときに許容される仕事。	Ebal	J	摩擦形、空隙形	allowable braking energy
448	許容制動仕事率	ブレーキで制動するときに許容される仕事率。	Pbal	W	摩擦形、空隙形	allowable braking energy rate
449	熱放散能力	クラッチ及びブレーキで摩擦仕事などにより発生する熱を放散する能力。	Cd	W	摩擦形、空隙形	heat dissipation capacity
450	スリップ工率 (すべり工率)	連続すべり作動をさせたときの仕事率。	Ps	W	摩擦形、空隙形	continuous heat dissipation
451	許容スリップ工率 (許容すべり工率)	連続すべり作動をさせたときに許容される仕事率。	Psal	W	摩擦形、空隙形	allowable continuous heat dissipation
461	定格電圧	クラッチ及びブレーキに加えられる電圧の基準値。		V	各機種共通	rated voltage
465	定格電流	クラッチ及びブレーキでコイル温度７５℃において定格電圧を加えたときコイルに流れる電流。		A	各機種共通	rated current
474	すべり速度 (スリップ速度)	すべり状態にあるクラッチ及びブレーキの作動面における速度。	V	m/s	摩擦形、空隙形	slipping velocity
475	慣性モーメント	回転体の質量m(kg)と回転体半径R(m)の２乗の積で示される値。	J	kgm²	各機種共通	moment of inertia
476	フライホイール効果	回転体の重量G(kgf)と回転体直径D(m)の２乗の積で示される値。	GD^2		各機種共通	fly-wheel effect
481	トルク寸法比	クラッチ及びブレーキの外径又は長さと定格トルクの比。 (注) 定格トルクをTr、外径をD、長さをLとすれば、D/Tr又はL/Trで表わす。	bal		各機種共通	torque to size ratio
482	トルク時間特性	クラッチ及びブレーキの作動時におけるトルクの過渡特性。			各機種共通	torque to time characteristic
483	トルク速度特性	クラッチ及びブレーキのすべり速度の変化に対するトルク特性。			摩擦形、空隙形	torque to slip characteristic
484	トルク電流特性	クラッチ及びブレーキの励磁電流とトルクの関係を表わす特性。			摩擦形、空隙形、かみあい形	torque to current characteristic

8. 電磁クラッチ・ブレーキの形式選定に使用される計算式一覧表

トルクの計算

$$T = \frac{9550P}{N} = \frac{7017P'}{N} = \frac{7154P''}{N}$$

平均動摩擦トルクの計算

1. 負荷トルクのない場合

$$T_{ae}(\text{または}T_{ab}) = \frac{J \cdot Nr}{9.55t_{ae}(\text{または}t_{ab})}$$

2. 負荷トルクのある場合

起動加速 $T_{ae} = \frac{J \cdot Nr}{9.55t_{ae}} + T_L$

減速停止 $T_{ab} = \frac{J \cdot Nr}{9.55t_{ab}} - T_L$

動作時間の計算

1. 負荷トルクのない場合

$$t_{ae} = t_{ab} = \frac{2\pi \cdot J \cdot Nr}{60T_d} = \frac{J \cdot Nr}{9.55T_d}$$

2. 負荷トルクのある場合

起動加速 $t_{ae} = \frac{2\pi \cdot J \cdot Nr}{60(T_d - T_L)} = \frac{J \cdot Nr}{9.55(T_d - T_L)}$

減速停止 $t_{ab} = \frac{2\pi \cdot J \cdot Nr}{60(T_d + T_L)} = \frac{J \cdot Nr}{9.55(T_d + T_L)}$

記号の説明

T	:トルク(N・m)
P	:原動機出力(kw)
P'	:原動機出力(HPまたはhp)
P"	:原動機出力(PS)
N	:クラッチ・ブレーキ軸の回転速度(r/min)
T_{ae}	:クラッチの平均動摩擦トルク(N・m)
T_{ab}	:ブレーキの平均動摩擦トルク(N・m)
J	:系のクラッチ・ブレーキ軸換算慣性モーメントの総計(kgm²)
Nr	:クラッチ・ブレーキ軸の相対回転速度(r/min)
t_{ae}	:クラッチの実連結時間(s)
t_{ab}	:ブレーキの実制動時間(s)
T_L	:負荷トルク(N・m)
T_d	:クラッチ・ブレーキの動摩擦トルク(N・m)

仕事の計算

1. 負荷トルクのない場合

$$E_e = E_b = \frac{J \cdot Nr^2}{182}$$

2. 負荷トルクのある場合

起動加速 $E_e = \frac{J \cdot Nr^2}{182} \cdot \frac{T_d}{T_d - T_L}$

減速停止 $E_b = \frac{J \cdot Nr^2}{182} \cdot \frac{T_d}{T_d + T_L}$

仕事率の計算

1. 負荷トルクのない場合

$$P_e = P_b = \frac{J \cdot Nr^2}{182} \cdot \frac{f}{60}$$

2. 負荷トルクのある場合

起動加速 $P_e = \frac{J \cdot Nr^2}{182} \cdot \frac{T_d}{T_d - T_L} \cdot \frac{f}{60}$

減速停止 $P_b = \frac{J \cdot Nr^2}{182} \cdot \frac{T_d}{T_d + T_L} \cdot \frac{f}{60}$

寿命の計算

$$L_e(\text{または}L_b) = \frac{V}{e \cdot E_e(\text{または}E_b)} = \frac{E_t}{E_e(\text{または}E_b)}$$

記号の説明

E_e	:クラッチの連結仕事(J)
E_b	:ブレーキの制動仕事(J)
J	:系のクラッチ・ブレーキ軸換算慣性モーメントの総計(kgm²)
Nr	:クラッチ・ブレーキ軸の相対回転速度(r/min)
T_d	:クラッチ・ブレーキの動摩擦トルク(N・m)
T_L	:負荷トルク(N・m)
P_e	:クラッチの連結仕事率(W)
P_b	:ブレーキの制動仕事率(W)
f	:クラッチ・ブレーキの作動頻度(回/min)
L_e	:クラッチの寿命までの連結回数(回)
L_b	:ブレーキの寿命までの制動回数(回)
V	:摩耗限度までの摩擦部の総体積(cm³)
e	:摩耗率(cm³/J)
E_t	:摩耗限度までの総仕事(J)

SI単位と非SI単位換算表

1999年10月1日からSI単位の移行が実施されましたが、一部換算が必要な用語もあります。クラッチ・ブレーキに関係ある用語の換算表を下記にまとめましたので、参考としてください。

物象の状態の量	非SI単位(記号)	SI単位(記号)	換算関係
長さ	ミクロン(μ)	メートル(m)	1μ=1μm
周波数	サイクル(c) サイクル毎秒(c/s)	ヘルツ(Hz)	1c=1c/s=1Hz
磁界の強さ	アンペア回数毎メートル(AT/m) エルステッド(Oe)	アンペア毎メートル(A/m)	1AT/m=1A/m 1Oe≒79A/m
起磁力	アンペア回数(AT)	アンペア(A)	1AT=1A
磁束密度	ガンマ(γ) ガウス(G)	テスラ(T)	1γ=1nT 1G=100μT
磁束密度	マックスウエル(Mx)	ウェーバ(Wb)	1Mx=10nWb
音圧レベル	ホン	デシベル(dB)	1ホン=1dB
力(荷重・張力)	重量キログラム(kgf) 重量グラム(gf) 重量トン(tf)	ニュートン(N)	1kgf≒9.8N 1gf≒9.8mN 1tf≒9.8kN
力のモーメント(トルク)	重量キログラムメートル(kgf・m)	ニュートンメートル(N・m)	1kgf・m≒9.8N・m
圧力	重量キログラム毎平方メートル(kgf/m^2)	パスカル(Pa)	1kgf/m^2≒9.8Pa
応力	重量キログラム毎平方メートル(kgf/m^2)	パスカル(Pa)	1kgf/m^2≒9.8Pa
仕事(エネルギー)	重量キログラムメートル(kgf・m)	ジュール(J)	1kgf・m≒9.8J
工率	重量キログラムメートル毎秒(kgf/m/s)	ワット(W)	1kgf・m/s≒9.8W
熱量	カロリー(cal)	ジュール(J)	1cal≒4.2J
回転	回転数(rpm)	回転速度(r/min)	1rpm=1r/min
時間	秒(sec) 分(min)(参考) 時(Hr)　(参考)	秒(s) 分(min) 時(h)	1sec=1s 1min=1min 1Hr=1h
慣性モーメント	GD^2(kgfm^2)	慣性モーメント(kgm^2)	1kgfm^2=0.25kgm^2
温度	度(℃)	セルシウス度(℃)	1℃=1℃
温度差	度(deg)	セルシウス度(℃)	1deg=1℃
質量	重量キログラム(kgf)	キログラム(kg)	1kgf=1kg

上記以外、詳細についてはJISZ8203国際単位系(SI)及びその使い方を参照ください。

三菱電磁クラッチ・ブレーキ <パウダ式・ヒステリシス式>

三菱電機株式会社 〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル)

お問い合わせは下記へどうぞ

本社機器営業部…… 〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3 (東京ビル) …… (03)3218-6740
北海道支社…… 〒060-8693 札幌市中央区北二条西4-1 (北海道ビル) …… (011)212-3793
東北支社…… 〒980-0011 仙台市青葉区上杉1-17-7 (仙台上杉ビル) …… (022)216-4546
関越支社…… 〒330-6034 さいたま市中央区新都心11-2 (明治安田生命さいたま新都心ビル ランド・アクシス・タワー34F) … (048)600-5835
新潟支店…… 〒950-8504 新潟市中央区東大通2-4-10 (日本生命ビル) …… (025)241-7227
神奈川支社…… 〒220-8118 横浜市西区みなとみらい2-2-1 (横浜ランドマークタワー) …… (045)224-2623
北陸支社…… 〒920-0031 金沢市広岡3-1-1 (金沢パークビル) …… (076)233-5502
中部支社…… 〒451-8522 名古屋市西区牛島町6-1 (名古屋ルーセントタワー) …… (052)565-3326
豊田支店…… 〒471-0034 豊田市小坂本町1-5-10 (矢作豊田ビル) …… (0565)34-4112
関西支社…… 〒530-8206 大阪市北区堂島2-2-2 (近鉄堂島ビル) …… (06)6347-2821
中国支社…… 〒730-8657 広島市中区中町7-32 (ニッセイ広島ビル) …… (082)248-5445
四国支社…… 〒760-8654 高松市寿町1-1-8 (日本生命高松駅前ビル) …… (087)825-0055
九州支社…… 〒810-8686 福岡市中央区天神2-12-1 (天神ビル) …… (092)721-2251

サービスのお問い合わせは下記へどうぞ

三菱電機システムサービス株式会社

北日本支社…… 〒984-0042 仙台市若林区大和町2-18-23…… (022)238-1761
北海道支店…… 〒004-0041 札幌市厚別区大谷地東2-1-18…… (011)890-7515
東京機電支社…… 〒108-0022 東京都港区海岸3-19-22 (三菱倉庫芝浦ビル) …… (03)3454-5521
神奈川機器サービスステーション… 〒224-0053 神奈川県横浜市都筑区池辺町3963-1…… (045)938-5420
関越機器サービスステーション… 〒338-0822 さいたま市桜区中島2-21-10…… (048)859-7521
新潟機器サービスステーション… 〒950-8504 新潟市中央区東大通2-4-10日本生命ビル6F…… (025)241-7261
中部支社…… 〒461-8675 名古屋市東区矢田南5-1-14…… (052)722-7601
北陸支店…… 〒920-0811 金沢市小坂町北255…… (076)252-9519
静岡機器サービスステーション…… 〒422-8058 静岡市駿河区中原877-2…… (054)287-8866
関西機電支社…… 〒531-0076 大阪市北区大淀中1-4-13…… (06)6458-9728
京滋機器サービスステーション… 〒612-8444 京都市伏見区竹田田中宮町8番地…… (075)611-6211
姫路機器サービスステーション… 〒670-0836 姫路市神屋町6-76…… (079)281-1141
中四国支社…… 〒732-0802 広島市南区大州4-3-26…… (082)285-2111
四国支店…… 〒760-0072 高松市花園町1-9-38…… (087)831-3186
岡山機器サービスステーション… 〒700-0951 岡山市北区田中606-8…… (086)242-1900
九州支社…… 〒812-0007 福岡市博多区東比恵3-12-16…… (092)483-8208
長崎機器サービスステーション… 〒852-8004 長崎市丸尾町4番4号…… (095)818-0700

三菱電機FA機器電話,FAX技術相談

※1: 土・日・祝祭日、春期・夏期・年末年始の休日を除く通常業務日
※2: 春期・夏期・年末年始の休日を除く

●電話技術相談窓口

対象機種	電話番号	受付時間※1
電磁クラッチ・ブレーキ	079-298-9868	9:00～17:00

●FAX技術相談窓口

対象機種	FAX番号	受付時間※1
上記対象機種	052-719-6762	9:00～16:00 (受信は常時※2)

三菱 FA 検索
www.MitsubishiElectric.co.jp/fa/

メンバー登録無料!

インターネットによる情報サービス「三菱電機FAサイト」

三菱電機FAサイトでは、製品や事例などの技術情報や各種お問い合わせ窓口をご提供しています。また、メンバー登録いただくとマニュアルやCADデータ、クラッチ/ブレーキ・張力検出器の選定ソフトウェア等のダウンロードサービスをご利用いただけます。

商標、登録商標について

本文中に記載の会社名、製品名は、それぞれの会社の商標または、登録商標です。

⚠ 安全にお使いいただくために

・本資料に記載された製品を正しくお使いいただくためご使用の前に必ず「マニュアル」をお読みください。
・この製品は一般工業等を対象とした汎用品として製作されたもので、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。
・本製品を原子力用、電力用、航空宇宙用、医療用、乗用移動体用の機器あるいはシステムなど特殊用途への適用をご検討の際は、当社の営業担当窓口までご照会ください。
・本製品は厳重な品質管理体制の下に製造しておりますが、本製品の故障により重大な事故または損失の発生が予測される設備への適用に際しては、バックアップやフェールセーフ機能をシステム的に設置してください。

姫-SM002-B1302(MEE) Printed in Japan　この印刷物は2013年2月の発行です。なお、お断りなしに仕様を変更することがありますのでご了承ください。　2013年2月作成